

Resumen

El presente documento trata sobre el análisis del proceso de fabricación de una máquina de arrastre de cadena, que es el elemento tractor en un sistema automatizado de alimentación mediante cadenas en una granja de animales estabulados.

Concretamente se analiza la máquina de arrastre de cadena M-10 de la empresa BMM. Se estudia brevemente su funcionamiento y se analiza pieza a pieza el proceso de fabricación de la misma, obteniendo las hojas de ruta y fase de cada proceso. Finalmente se avalúa el coste económico de fabricación de la máquina de arrastre.

Paralelamente a todo este análisis, también se obtiene el diseño en 3D de la máquina y todos sus componentes.

RESUMEN	1
1. GLOSARIO	5
2. PREFACIO	7
2.1. Origen del proyecto.....	7
2.2. Motivación.....	7
2.3. Requerimientos previos	8
3. INTRODUCCIÓN	9
3.1. Objetivos del proyecto	9
3.2. Alcance del proyecto.....	9
3.3. La empresa BMM	9
4. INTRODUCCIÓN A LA MÁQUINA DE ARRASTRE	11
4.1. El sector agropecuario	11
4.2. Sistemas de alimentación en granjas	12
4.2.1. Transportadores de espiral	12
4.2.2. Transportadores de cadena	15
5. LA MÁQUINA DE ARRASTRE M-10 DE BMM	18
5.1. Datos técnicos	18
5.2. Partes de la máquina	19
5.3. Funcionamiento	20
6. ESTUDIO ANÁLISIS DEL PROCESO DE FABRICACIÓN	24
6.1. Despiece de la máquina de arrastre	24
6.2. Cuerpo de la carcasa de la máquina de arrastre.....	27
6.3. Lateral de entrada de la máquina de arrastre.....	29
6.4. Lateral de salida de la máquina de arrastre.....	32
6.5. Tapa y mirilla de la máquina de arrastre.....	35
6.6. Patas universales máquina de arrastre	38
6.7. Refuerzo de la carcasa de la máquina de arrastre	40
6.8. Soporte de la polea tensora de la máquina de arrastre.....	42
6.9. Taco guía nylon para el eje de la polea tensora	44
6.10. Varillas guía de la máquina de arrastre	47
6.11. Casquillos de la máquina de arrastre	49
6.12. Eje de la polea tractora de la máquina de arrastre	51
6.13. Rueda dentada de la polea tractora de la máquina de arrastre.....	57
6.14. Refuerzo del eje de la polea tractora	58

6.15. Arandela grande de la polea tractora	60
6.16. Palanca de la máquina de arrastre	62
7. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA MÁQUINA DE ARRASTRE ____	64
7.1. Presupuesto del proyecto.....	66
CONCLUSIONES _____	69
AGRADECIMIENTOS _____	71
BIBLIOGRAFÍA _____	72
Referencias bibliográficas.....	¡Error! Marcador no definido.
Bibliografía complementaria	72

1. Glosario

Escandallo: En el régimen de tasas, determinación del precio de coste o de venta de una mercancía con relación a los factores que lo integran.

Harina: En el argot del mundo ganadero, término para designar el alimento en polvo de los animales.

2. Prefacio

Cuando se unen en un solo proyecto dos de las grandes pasiones del autor, como son los procesos de fabricación, especialmente de metales, y la actividad agrícola ganadera, el resultado posiblemente sea fruto de gran esfuerzo, ganas y mucha ilusión que el autor confía que se vean plasmados en todo el proyecto.

2.1. Origen del proyecto

Este proyecto se inicia el 28 de junio de 2017, cuando el autor del trabajo inicia una estancia de prácticas en la empresa BMM que se alargará hasta marzo de 2018. Durante la realización de las prácticas, las principales tareas a desempeñar, son la realización del escandallo y análisis de costes de fabricación de muchos de los productos que se fabrican en BMM.

De entre todos los productos de la empresa, seguramente el más curioso e interesante es la máquina de arrastre, un aparato muy empleado pero muy específico del sector ganadero, por lo que es desconocido al público profano y que está fabricado casi en su totalidad en BMM.

Unos meses más tarde, en septiembre del 2017, el autor se reincorpora al curso universitario, ya en la recta final del grado, compaginándolo con las prácticas en empresa por lo que decide realizar un Trabajo de final de grado que sea provechoso tanto para sus estudios como para su trabajo. Así es como se decide a hacer el presente trabajo.

2.2. Motivación

La motivación para la realización de este proyecto es fruto de motivos personales y profesionales de autor.

Los motivos personales son los siguientes:

El requisito básico para la realización del trabajo era que el tema fuese de interés para el autor, ya que este tipo de proyectos implican una gran carga de trabajo añadido a las asignaturas que se estén cursando. Por eso, si la temática del proyecto no es del agrado de quien la realiza puede convertirse en una carga muy pesada.

Ligado con lo anterior, también se buscaba que el proyecto estuviera relacionado con el mundo de la fabricación, ya que es la rama de la ingeniería que más atrae al autor, y concretamente la fabricación metálica.

Los motivos profesionales que han impulsado este trabajo son, como se ha dicho anteriormente, que durante el periodo de tiempo necesario para la realización de Trabajo de final de grado, el autor va a estar realizando simultáneamente prácticas en la empresa, se ha considerado que hacer un trabajo de la universidad que a la vez pudiese ayudar a la empresa en la que se trabaja era una opción muy buena. De este modo se consigue que una inversión muy grande de horas y trabajo para la universidad sea provechosa también para la empresa, y a la vez, BMM puede colaborar con el proyecto de la universidad ya se con asistencia, material, documentación, etc.

2.3. Requerimientos previos

Para poder emprender el estudio del proceso de fabricación de la máquina de arrastre de cadena de BMM es preciso disponer previamente del escandallo de la misma. Este escandallo se realizó durante los meses de verano en que el autor estaba de prácticas en BMM.

3. Introducción

3.1. Objetivos del proyecto

El objetivo de este proyecto es, tal como indica el título del presente documento, hacer un estudio análisis extensivo de todo el proceso de fabricación de la máquina de arrastre M-10 de BMM. Con esto, se pretende documentar todas las fases de fabricación de este producto así como sus tiempos de fabricación y ensamblaje u costes asociados.

3.2. Alcance del proyecto

Este trabajo, todo y no estar tutelado por la empresa BMM, está muy ligado a ella, ya que se trata del estudio de un producto suyo y por lo tanto se pretende que los resultados obtenidos puedan ser útiles a la empresa.

Dicho esto, como que la máquina de arrastre M-10 es un producto estandarizado de la empresa BMM que actualmente se comercializa, este estudio no pretende entrar en ningún momento en el análisis del diseño del producto o de sus componentes ni en el análisis de la eficiencia del proceso de fabricación, sinó que se va a limitar a hacer un estudio de su proceso de fabricación y ensamblaje para valorar el coste final de fabricación.

Como resultado de este proyecto se pretende, obtener el diseño integral del producto en 3D a partir de los planos 2D que dispone la empresa, obtener las hojas de ruta y fase de la fabricación y ensamblaje de todos los componentes de la máquina y con estos, poder hacer un análisis de costes.

Como ya se ha mencionado en los requerimientos previos, se partirá del escandallo completo de la máquina de arrastre para poder realizar todo el proyecto pero no se justificará su obtención (temporizaciones, cantidades, etc) ya que supondría casi otro Trabajo de final de grado entero.

3.3. La empresa BMM

BMM (de les siglas Bosch Miquel Metálicas) es una empresa familiar situada a Bell-lloc d'Urgell, un pequeño pueblo de la comarca de la Seu d'Urgell, provincia de Lleida.

Esta empresa nace en el año 1989 dedicada a la fabricación metálica de material para el sector ganadero. Actualmente, con la segunda generación familiar al frente, la empresa, en

continua expansión, consta de una plantilla de 50 personas y es una de las empresas líderes en España en la fabricación de material para ganaderías.

En BMM se trabaja principalmente la chapa metálica y el acero, siendo de estos materiales sus productos estrella, como son los silos de chapa metálica galvanizada (ondulada o lisa) o los depósitos de agua. Además, también se fabrican muchos otros productos como son comederos, bebederos, parideras, boxes de gestación, contenedores de bajas, etc, trabajando con aceros y chapas inoxidables para obtener la mejor calidad.

A parte de la fabricación metálica, en BMM también se trabaja con resinas y poliéster, la cual cosa permite ampliar la gran oferta de silos al incluir los silos de poliéster y los silos mixtos de chapa y poliéster.

Otra gran rama de fabricación de la empresa es la línea de polímero, donde se fabrican comederos y bebederos más resistentes a la corrosión y placas de suelo de granja calefactables.

Finalmente, también hay un sector dedicado a la fabricación de puertas, ventas y vallas de PVC, con maquinaria de tecnología puntera que permite fabricar productos personalizados para cubrir las distintas necesidades de cada cliente.

Con todo esto, BMM cubre todos los campos y productos para poder realizar el diseño integral de las granjas modernas.

4. Introducción a la máquina de arrastre

La máquina de arrastre es la unidad motriz del sistema de reparto de alimento mediante cadena en una granja. Para entender mejor este sistema, en las siguientes líneas se hará una breve contextualización en el mundo de las granjas.

4.1. El sector agropecuario

En el último medio siglo, debido a la demanda creciente de productos animales o derivados de estos ha habido una auténtica revolución tecnológica en el sector de la cría animal en cautividad para el sector alimentario.

Aunque socialmente el sector agropecuario está visto como un sector anticuado y poco avanzado tecnológicamente, la realidad es otra muy distinta, ya que es un sector puntero que exige las más altas tecnologías de gran cantidad de campos:

- Maquinaria de gran complejidad como son tractores, manipuladoras telescópicas, excavadoras, palas cargadoras... exigen el más alto rendimiento a la tecnología mecánica para poder trabajar mayor cantidad tierra, maniobrar en menor espacio, manipular cargas mayores, etc.
- Del sector de las telecomunicaciones, el guiado GPS permite aprovechar al máximo las pasadas en el laboreo de tierra suponiendo un gran ahorro de tiempo y combustible por lo que se ha convertido en una herramienta básica de uso diario.
- De sector químico y farmacéutico se le exigen productos de alimentación animal o abonos para el campo que aumenten el rendimiento de la producción.
- Etc.

Estos son algunos ejemplos de las exigencias tecnológicas del mundo rural en distintos sectores tecnológicos.

Concretamente en el sector ganadero, los campos tecnológicos en que hay más interés son:

- Químico y farmacéutico, para la obtención de alimentos para el ganado de mayor valor energético y engorde más rápido y la obtención de medicamentos para reducir bajas o destrío.
- Sector mecánico, para la automatización de los sistemas de alimentación para los

animales.

- Sector logístico, del que se requieren sistemas para producir más en menos espacio y menor tiempo.

La máquina de arrastre de cadena forma parte de los sistemas de alimentación y es un producto de tecnología mecánica.

4.2. Sistemas de alimentación en granjas

Como ya se ha explicado, hoy en día, en las granjas modernas, ya sean de 100 cabezas de ganado o 2000, el reparto de las dosis de alimento diario de los animales se hace de forma mecánica y automatizada. Este hecho genera un gran ahorro de costes, tanto en tiempo como en personal, a la vez que permite un control excelente de las cantidades de alimento consumidas por los animales.

Los sistemas automáticos de reparto de alimento han de ser precisos, pero a la vez han de ser robustos y sencillos.

Robustos porque trabajan en condiciones no ideales, ya que fácilmente están en instalaciones abiertas al exterior y a la intemperie, y porque transportan material muy corrosivo¹.

Sencillos porque de ellos depende la alimentación del ganado, por lo que una avería ha de ser fácilmente solucionable, pudiendo ser reparada en pocas horas.

Hoy en día los dos sistemas de reparto de alimentación en granja más comunes son el transporte mediante espiral y el transporte mediante cadena.

4.2.1. Transportadores de espiral

Este sistema se basa principalmente en que el avance del alimento se debe a la rotación de un tornillo sinfín a través de una tubería, pero con la particularidad que el tornillo no tiene eje central, tal y como se muestra en la figura 1.

¹ El alimento de los animales de granja (porcino y bobino principalmente) está formado en gran parte por concentrados de compuestos de cereales y proteínas vegetales, variando mucho según el estado de crecimiento del animal. En el argot de sector al alimento se le llama “harina” y así es como se le va a llamar en el documento en adelante.





Fig. 1 Espiral sin eje de transportador.

El hecho de no tener eje central tiene una gran ventaja y es que permite la realización de curvas en su recorrido y todo movido con un único motor.

Si tuviera el eje, por cada cambio de dirección se habría de habilitar un tornillo sinfín distinto con su correspondiente motor, por lo cual se acabaría teniendo una instalación mucho más aparatosa y menos económica.

La desventaja de no tener eje es que se transporta menos cantidad de *harina* ya que por el hueco que deja la falta de eje, el alimento no avanza, pero en las granjas esto no es un verdadero inconveniente ya que los sistemas de alimentación solo han de funcionar dos veces por día y en momentos concretos, por lo que realmente no representa ninguna pérdida. Sí lo sería si se tratase de sistemas de transporte que trabajan todo el día, ya que esta pérdida de capacidad de transporte representaría menos capacidad de producción, pero no es el caso de las granjas.

A partir de aquí el sistema de reparto de la *harina* es sencillo:

Hay un silo en el exterior de la granja que contiene la *harina*. Debajo del silo hay un cajetín, que es sencillamente un recipiente de forma cónica que recoge la *harina* y del que parte el espiral (Véase las figuras 2 y 3).



Fig. 2 Cajetín simple para espiral.



Fig. 3 Cajetín bajo silo.

Del cajetín, el espiral ya conduce la *harina* a través de tubos de PVC, llamados tubos de línea, para llegar a todos los puntos de la instalación. Allí donde haya un comedero de animales, se instala un boca-caída en el tubo de línea, que no es más que una T con la salida adicional apuntando al comedero tal y como se ve en la figura 4.

Los tubos verticales de cada boca-caída se van llenando consecutivamente hasta que llegan al último comedero de la instalación. En esta última boca-caída se instala una unidad de control, que es una un sencillo recipiente como el de la figura 5 pero que tiene un final de carrera para detectar cuando el tubo de caída está completamente lleno, para detener así todo el proceso de transporte de *harina*.



Fig. 4 Boca-caída para el reparto de la harina.



Fig. 5 Unidad de control.

Para mover el espiral tan solo hay que colocar el motor al final de la línea y longitudinal al eje. El espiral se sujeta al rotor del motor mediante un simple casquillo mecanizado.

Tal y como se puede ver, el sistema es sumamente sencillo, donde simplemente hay que tener en cuenta la longitud de la instalación para poner en consecuencia la cantidad de espiral necesario y el motor con la potencia adecuada.

Además de la longitud de la instalación también se puede modificar el diámetro del espiral², para mover más o menos cantidad de harina. En general hay tres diámetros estandarizados para todos los fabricantes, que son 55, 70 y 90 mm.

4.2.2. Transportadores de cadena

Este sistema de transporte de *harina*, funciona exactamente igual que los transportadores de espiral pero con la diferencia que para mover el alimento por los tubos de línea, en vez de utilizar un espiral se utiliza una cadena con discos como la de la figura 6.

² La modificación del diámetro del espiral implica la modificación de todos los demás componentes, cajetín, tubos de línea, boca-caídas, etc.

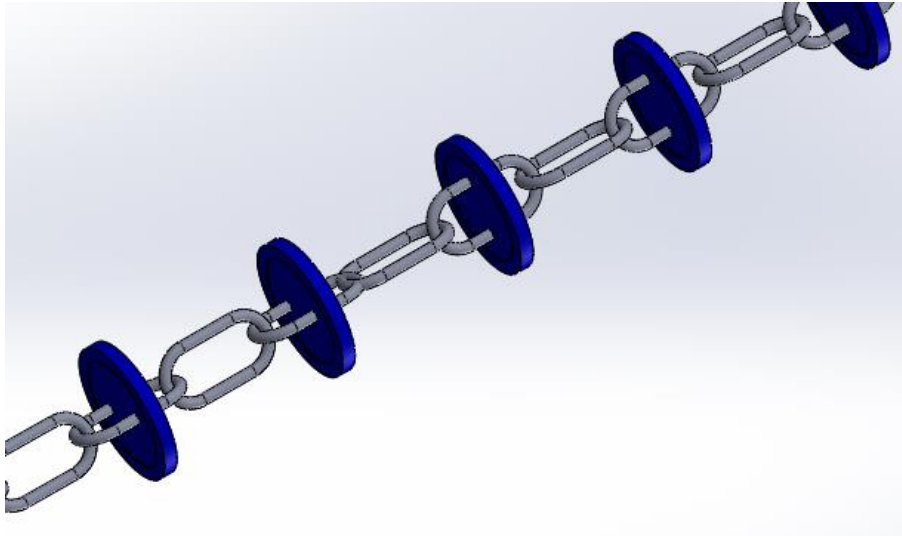


Fig. 6 Cadena para transportadores de cadena.

Los transportadores de cadena precisa de los mismos elementos que los de espiral para poder hacer una instalación de alimentación completa: cajetines bajo silos, tubos de línea, bocas-caídas y unidades de control.

En los transportadores de cadena, para poder hacer giros en su recorrido, necesitan de un elemento adicional llamado córner de línea, que no es más que un conductor de la cadena a 90° como el de la figura 7.

Así como en los transportadores de espiral la rotación del mismo se generaba conectando directamente el espiral al motor, en los transportadores de cadena esto no se puede hacer, ya que hay que generar un movimiento de avance, no de rotación.



Fig. 7 Córner de línea.

Para poder realizar esto es necesario posicionar el motor transversal a la línea y usar un engranaje para transformar la rotación del motor en tracción a la línea. Esta es la función que realiza una máquina de arrastre. (Véase figura 8)

Del mismo modo que los transportadores de espiral, para los transportadores de cadena existen también dos diámetros estandarizados de los discos de la cadena y estos son de 50 o 60 mm.



Fig. 8 Máquina de arrastre de cadena estándar.

5. La máquina de arrastre M-10 de BMM

La máquina de arrastre de cadena M-10 de BMM pretende ser una máquina eficiente, robusta, fiable y segura. Es por esto que presenta un diseño sencillo pero reforzado, una mecánica básica pero muy eficaz y componentes de seguridad electrónicos. En las figuras 10 y 11 se puede observar su diseño, tanto con la tapa como sin ella y en las siguientes líneas se va a entrar en la explicación de su funcionamiento.

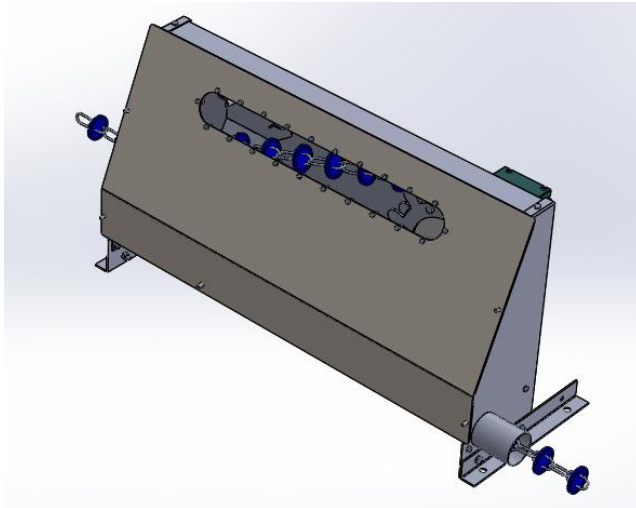


Fig. 10 Máquina de arrastre M-10 de BMM con tapa.

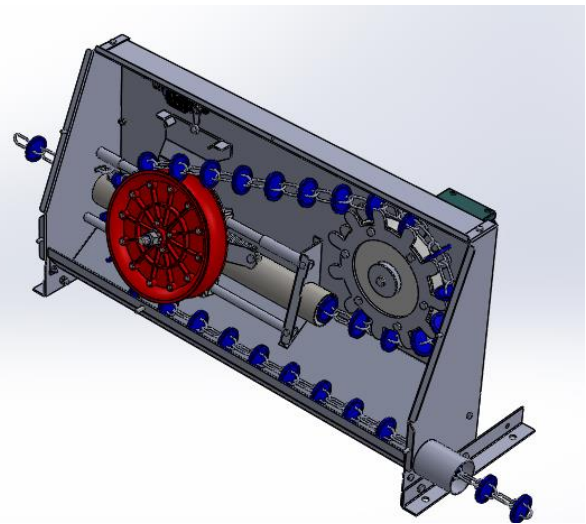


Fig. 9 Máquina de arrastre M-10 de BMM sin tapa.

Para no hacer tediosa la lectura, de ahora en adelante se hablará de la máquina de arrastre M-10 de BMM simplemente como máquina de arrastre.

5.1. Datos técnicos

En la tabla 1 se adjunta todas las características técnicas:

Tabla 1 Características técnicas de la máquina de arrastre M-10 de BMM.

	Unidades	Valor
Potencia	KW	1.5
Tensión	V	380
Peso	Kg	65

Paso de la cadena	mm	60
Largo	mm	1010
Alto	mm	500
Ancho	mm	380

5.2. Partes de la máquina

A grandes rasgos las partes principales a diferenciar en la máquina se pueden apreciar en la figura 11.

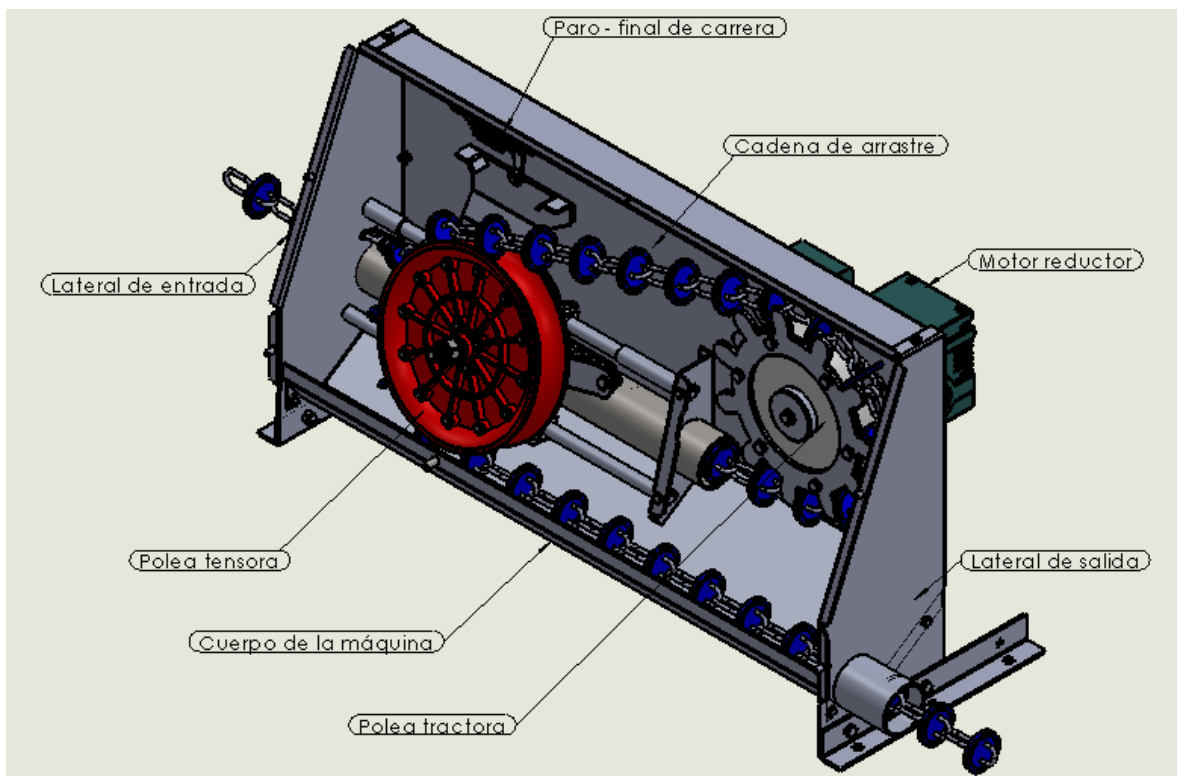


Fig. 11 Partes de la máquina de arrastre.

El cuerpo de la máquina es toda la estructura necesaria para el posicionamiento de los mecanismos y para el aislamiento de los mismos del usuario. La carcasa de la máquina está hecha en su integridad en acero inoxidable, que garantiza una mayor resistencia a la corrosión y un acabado de mayor calidad.

La polea tractora es la que transmite la tracción a la cadena y permite su movimiento.

La polea tensora es la que mantiene la tensión en la cadena.

El motor reductor transmite el par a la polea tractora.

El paro o final de carrera es un elemento de seguridad que sirve para parar la máquina en caso de rotura de la cadena o de obstrucción de la misma. En el siguiente apartado se analiza el funcionamiento de la máquina.

5.3. Funcionamiento

El funcionamiento de la máquina es muy sencillo ya que tan solo se trata de un elemento de tracción, pero es esta misma sencillez en el mecanismo lo que da valor a la máquina y la ha convertido en un elemento imprescindible en casi todas las granjas de cría estabulada. Es por eso que vale la pena estudiar detenidamente su funcionamiento.

En la figura 12 se puede apreciar un plano frontal de la máquina de arrastre sin la tapa.

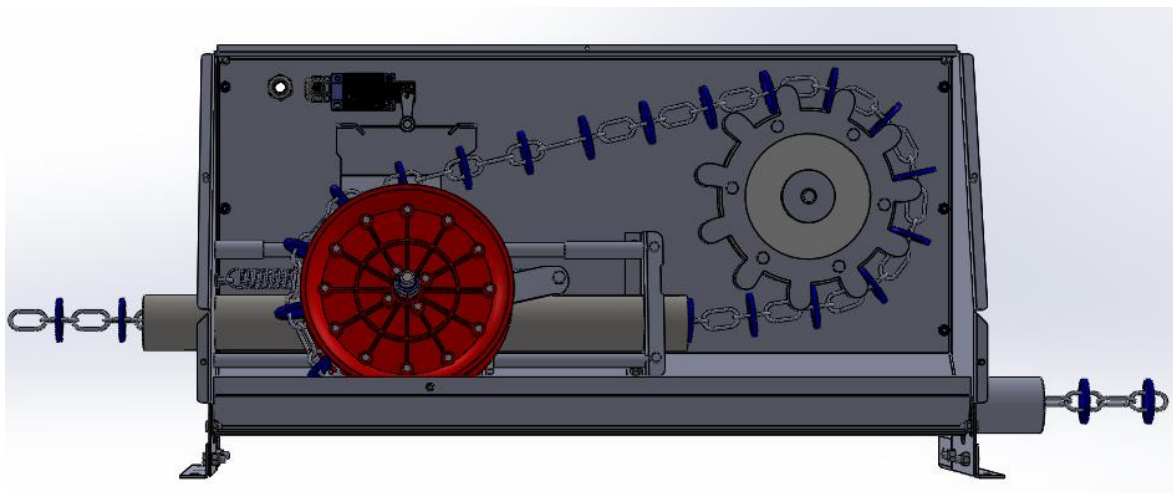


Fig. 12 Plano frontal de la máquina de arrastre sin la tapa.

Desde esta vista de la máquina, la polea tractora, que no es más que una rueda dentada que atrapa los discos de la cadena entre los dientes, gira en sentido antihorario, por lo que el lateral de la izquierda es la entrada de la cadena a la máquina y el de la derecha la salida.

Desde la polea tractora, la cadena pasa a la polea tensora, la cual puede deslizarse a izquierda o derecha a través de dos varillas guía. Esta polea mantiene la tensión de la cadena a través de un muelle y a la vez la desvía hacia la salida de la máquina. En las figuras 13 y

14 se puede apreciar una vista detalle de la polea tensora con su soporte deslizante sobre las varillas guía y una vista de sección lateral para poder apreciar como la polea tensora desvía la cadena.

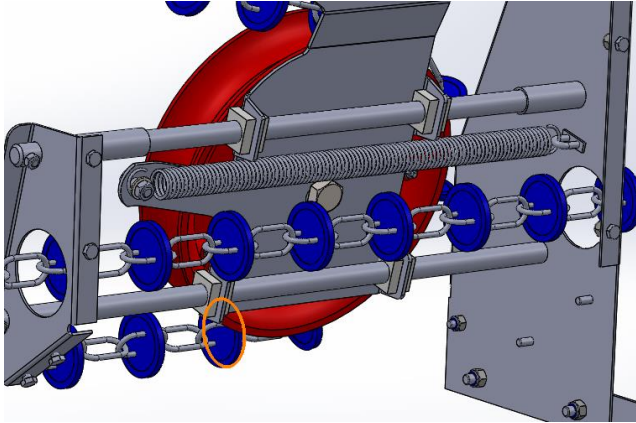


Fig. 13 Vista detalle de la polea tensora, soporte y guías.

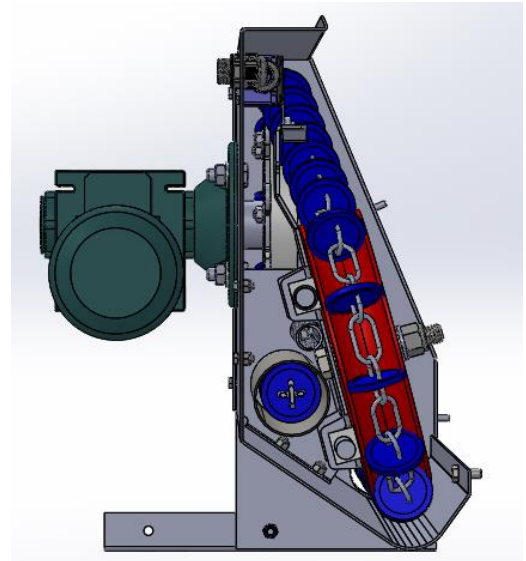


Fig. 14 Vista de sección lateral de la máquina.

Las varillas guía permiten el movimiento longitudinal de la polea tensora, básico para el funcionamiento de la máquina, ya que actúa como un amortiguador. La *harina* muchas veces se apelmaza en terrones, por lo que pueden bloquear parcialmente la cadena, como la polea tractora no deja de girar, aunque la cadena no está avanzado, la polea tensora puede deslizarse por las varillas guía permitiendo este margen hasta que el terrón se desintegre o hasta que la máquina pare por el sistema de seguridad.

El sistema de seguridad de paro de la máquina también está integrado en el soporte de la polea tensora, y se basa en un final de carrera electrónico que para el motor de la máquina dependiendo de la posición de la polea tensora. En la figura 15 se puede apreciar el paro-final de carrera.

Este es un sistema muy sencillo pero infalible ya que contempla los posibles escenarios más comunes en los que es necesario parar la máquina, que son cuando la cadena se atasca y cuando la cadena se rompe. En estos casos es necesario parar la máquina a tiempo para evitar males mayores.

Cuando la cadena se atasca, tal y como se ha explicado con anterioridad, el soporte de la polea tensora se desplaza hacia la derecha hasta que el palpador del paro-final de carrera se posiciona encima del soporte y para el motor.

Cuando la cadena se rompe, el muelle fuerza al soporte de la polea tensora a deslizarse hacia la izquierda, por lo que cuando el palpador del paro-final de carrera se posiciona encima del soporte se para el motor.

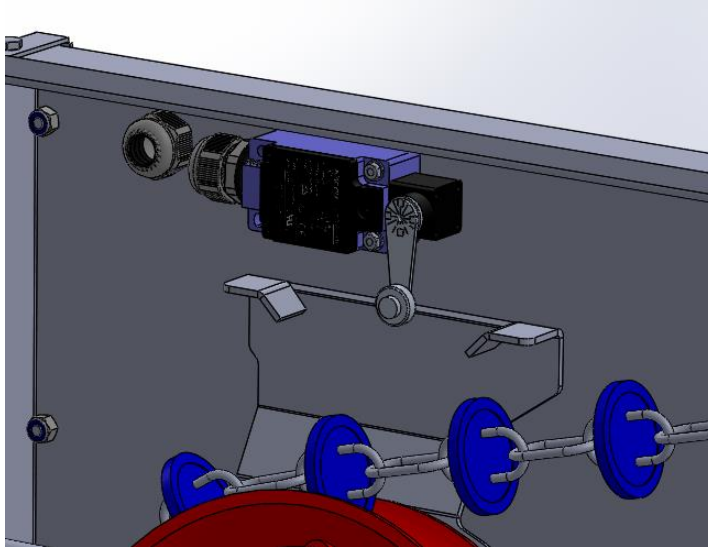


Fig. 15 Detalle del paro-final de carrera.

En las figuras 16 a 18 se muestra los posibles casos que se han explicado y la posición del palpador en todos ellos.

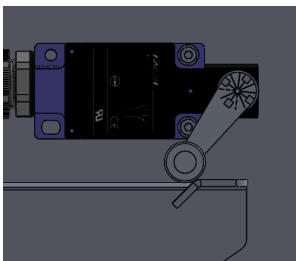


Fig. 17 Cadena rota -
Máquina parada.

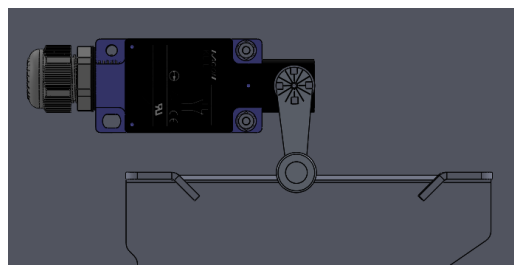


Fig. 16 Posición normal - Máquina en
funcionamiento.

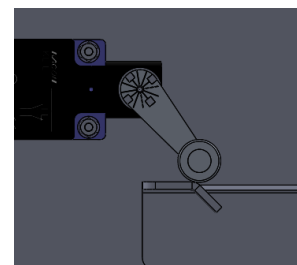


Fig. 18 Cadena
atascada - Máquina
parada.

En la figura de la máquina en funcionamiento se puede observar todo el recorrido que tiene el palpador libre antes de parar la máquina. Esto es así para, tal y como se ha explicado anteriormente, dar juego a la cadena para poder deshacer los terrones de *harina* más duros.

Con esto queda visto todo el funcionamiento de la máquina y queda patente su simplicidad.

Con la máquina de arrastre de cadena M-10 de BMM también viene incluido un elemento auxiliar que no es necesario para su funcionamiento pero que es de gran ayuda en la tareas de montaje y mantenimiento, que es la palanca. En la figura 19 se puede observar dicho

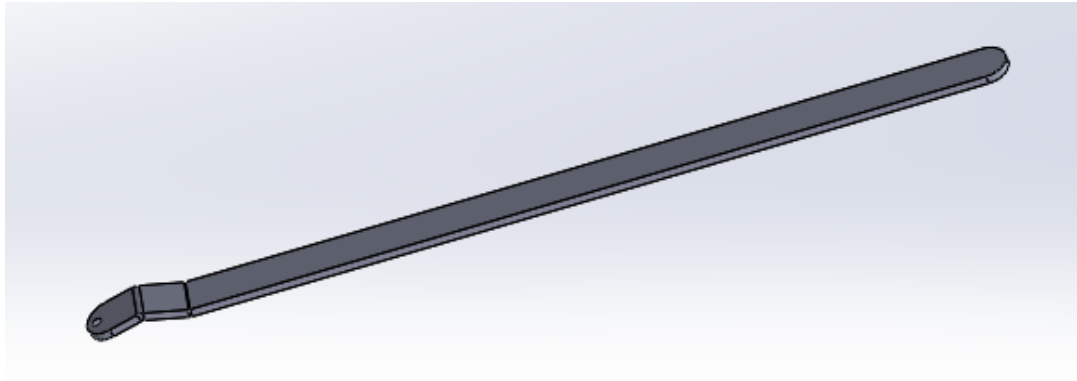


Fig. 19 Palanca.

elemento y seguidamente se va a explicar su funcionamiento.

La palanca sirve para poder montar la cadena en la máquina de arrastre cuando se está montando una instalación nueva o cuando hay que reponer la cadena después de una rotura. Con ella se puede forzar el desplazamiento del soporte de la polea tensora hacia la derecha y “abrir” el muelle, permitiendo así al operario posicionar la cadena y cerrarla.

La palanca dispone de un agujero y en el cuerpo de la máquina hay un tornillo soldado para poder posicionar la palanca y que actúa como fulcro. El diseño de la palanca está pensado para haga contacto con el tornillo de sujeción de la polea tensora y así poder transmitir la fuerza a todo el soporte de la polea y desplazarla. En las figuras 20 y 21 se puede ver la secuencia de dicho proceso.

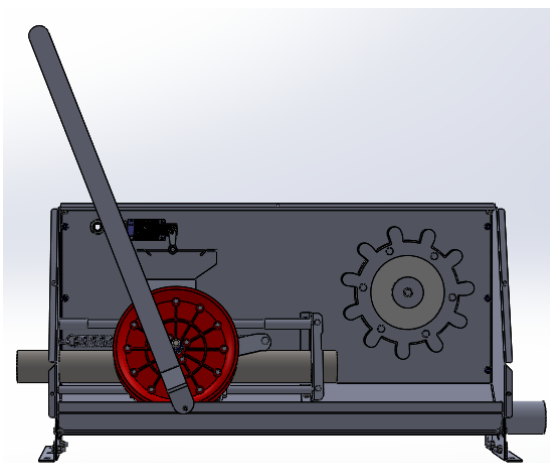


Fig. 21 Muelle "cerrado" no es posible posicionar cadena.

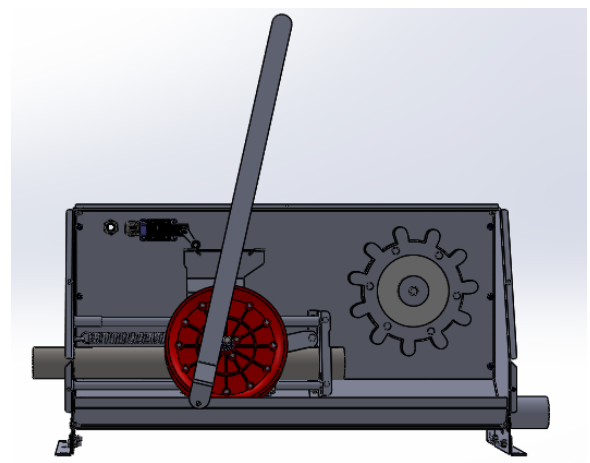


Fig. 20 Muelle "abierto" permitiendo posicionar cadena.

6. Estudio análisis del proceso de fabricación

Una vez conocida la máquina en profundidad se puede empezar a analizar el proceso de fabricación. Para hacer esto habrá que diferenciar las piezas que son de compra, en las cuales tan solo hay que prestar atención al precio de compra, y las piezas de fabricación propia, en las que hay que hacer un análisis exhaustivo de todo el proceso. Finalmente habrá que hacer un estudio del ensamblado de todos estos componentes.

6.1. Despiece de la máquina de arrastre

Para poder empezar el análisis del proceso de fabricación es necesario conocer todas las piezas que conforman el producto, para luego clasificarlas y analizarlas. En los anexos se puede consultar el explosionado de la máquina de arrastre con todos los componentes numerados y en la siguiente tabla (tabla 2) se pueden ver estos mismos componentes clasificados³.

Tabla 2 Tabla de despiece de la máquina de arrastre.

Posición	Nombre	Cantidad	Clasificación
1	Tuerca autoblocante DIN-985 M-16	1	Compra
2	Arandela inoxidable M-16	1	Compra
3	Tornillo inoxidable hexagonal DIN-933 M-5x40	16	Compra
4	Media polea tensora	2	Compra
5	Arandela inoxidable M-5	16	Compra
6	Tuerca inoxidable DIN-934 M-5	16	Compra
7	Taco guía polea tensora	1	Fabricación
8	Taco soporte polea tensora	4	Compra
9	Soporte polea tensora	1	Fabricación
10	Tornillo en U 12 mm	1	Compra
11	Tuerca autoblocante DIN-985 M-5	2	Compra



³ Véase Anexo A.1: Explosionado de la máquina de arrastre M-10 de BMM.



12	Pata universal máquina de arrastre	2	Fabricación
13	Tornillo inoxidable hexagonal DIN-933 M-8x20	2/pata	Compra
14	Tornillo inoxidable hexagonal DIN-933 M-6x14	7/lateral	Compra
15	Tuerca autoblocante DIN-985 M-6	7/lateral	Compra
16	Lateral entrada máquina de arrastre	1	Fabricación
17	Casquillo corto máquina arrastre M-10 BMM	1	Fabricación
18	Varilla guía máquina arrastre M-10 BMM	2	Fabricación
19	Tornillo inoxidable hexagonal DIN-933 M-6x25	2	Compra
20	Tuerca inoxidable DIN-934 M-8	1	Compra
21	Arandela inoxidable M-8	1	Compra
22	Muelle tensor	1	Compra
23	Tornillo inoxidable hexagonal DIN-933 M-8x20	1	Compra
24	Tornillo inoxidable hexagonal DIN-933 M-5x14	22	Compra
25	Tapa máquina arrastre M-10 BMM	1	Fabricación
26	Mirilla máquina arrastre M-10 BMM	1	Fabricación
27	Arandela inoxidable M-5	22	Compra
28	Tuerca autoblocante DIN-985 M-5	22	Compra
29	Tuerca autoblocante DIN-985 M-6	4	Compra
30	Refuerzo máquina arrastre M-10 BMM	1	Fabricación
31	Casquillo largo máquina arrastre M-10 BMM	1	Fabricación
32	Tuerca inoxidable DIN-934 M-5	2	Compra
33	Tuerca inoxidable DIN-934 M-4	2	Compra
34	Arandela inoxidable M-4	2	Compra
35	Pasamuros	2	Compra
36	Final de carrera	1	Compra

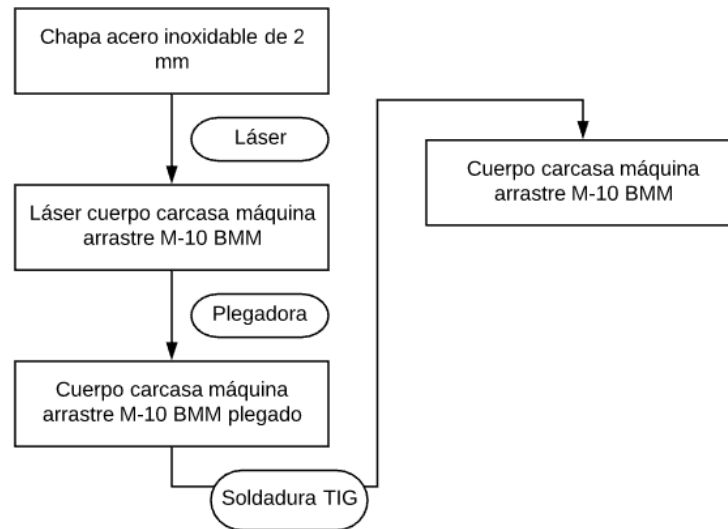
37	Tornillo inoxidable hexagonal DIN-933 M-4x20	2	Compra
38	Cuerpo carcasa máquina arrastre M-10 BMM	1	Fabricación
39	Tornillo inoxidable hexagonal DIN-933 M-6x14	4	Compra
40	Motor-reductor 1.5 KW	1	Compra
41	Arandela inoxidable M-12	4	Compra
42	Tuerca inoxidable DIN-934 M-12	4	Compra
43	Tornillo inoxidable hexagonal DIN-933 M-12x30	4	Compra
44	Chaveta	3	Compra
45	Eje máquina arrastre M-10 BMM	1	Fabricación
46	Tuerca inoxidable DIN-934 M-8	6	Compra
47	Arandela inoxidable M-8	6	Compra
48	Lateral salida máquina arrastre M-10 BMM	1	Fabricación
49	Cuerpo polea tractora máquina arrastre	1	Compra
50	Rueda dentada polea tractora máquina arrastre	2	Fabricación
51	Tornillo inoxidable hexagonal DIN-933 M-8x45	6	Compra
52	Refuerzo del eje de la polea tractora máquina arrastre	1	Fabricación
53	Arandela eje máquina arrastre M-10 BMM	1	Fabricación
54	Arandela inoxidable M-8	1	Compra
55	Tornillo inoxidable hexagonal DIN-933 M-8x20	1	Compra

Se puede observar que el grueso de los componentes son piezas de compra pero se trata en general de tornillería y algún que otro componente concreto.

Visto el despiece y su clasificación se puede proceder con el estudio del proceso de fabricación. En los siguientes apartados se va a analizar los diferentes componentes de fabricación, presentando su escandallo acompañado de una breve explicación y de la valoración del coste de fabricación.

6.2. Cuerpo de la carcasa de la máquina de arrastre

En el esquema 1 se puede observar el escandallo resumido del cuerpo de la carcasa de la máquina de arrastre. En los anexos se puede consultar la hoja de ruta del cuerpo de la carcasa de la máquina de arrastre.⁴



Esquema 1 Escandallo cuerpo carcasa máquina arrastre M-10 BMM.

Todo y ser la pieza más grande de toda la máquina de arrastre, no es una pieza para nada complicada pero tiene algunas curiosidades.

El primer paso, como la gran mayoría de piezas de fabricación que forman la máquina de arrastre, es el corte láser de la chapa para obtener el troquelado de la pieza. En este caso, además de cortar el troquel de la tapa, también se realiza un proceso de grabado para facilitar el posterior plegado. En los anexos se puede consultar la hoja de fase de este proceso.⁵

El siguiente paso es el plegado de la chapa y hay que hacerlo en la plegadora grande del taller, la plegadora Axial de 3 m. Este es seguramente el proceso más complejo de esta pieza ya que está formada por multitud de pliegues y algunos de ellos sin poder usar los topes. En los anexos se puede consultar la hoja de fase de este paso.⁶

⁴ Véase Anexo A.2: Hoja de ruta del cuerpo de la carcasa de la máquina de arrastre M-10 de BMM.

⁵ Véase Anexo A.3: Hoja de fase del láser del cuerpo de la carcasa de la máquina de arrastre M-10 de BMM.

⁶ Véase Anexo A.4: Hoja de fase del cuerpo carcasa máquina arrastre M-10 BMM plegado.

Finalmente, para terminar esta pieza, tan sólo queda soldar el tornillo de M8x20 que actúa como fulcro de la palanca. Este es un proceso de soldadura sencillo con TIG. En los anexos se puede consultar su hoja de fase⁷.

El resultado final se puede observar en la figura 22.

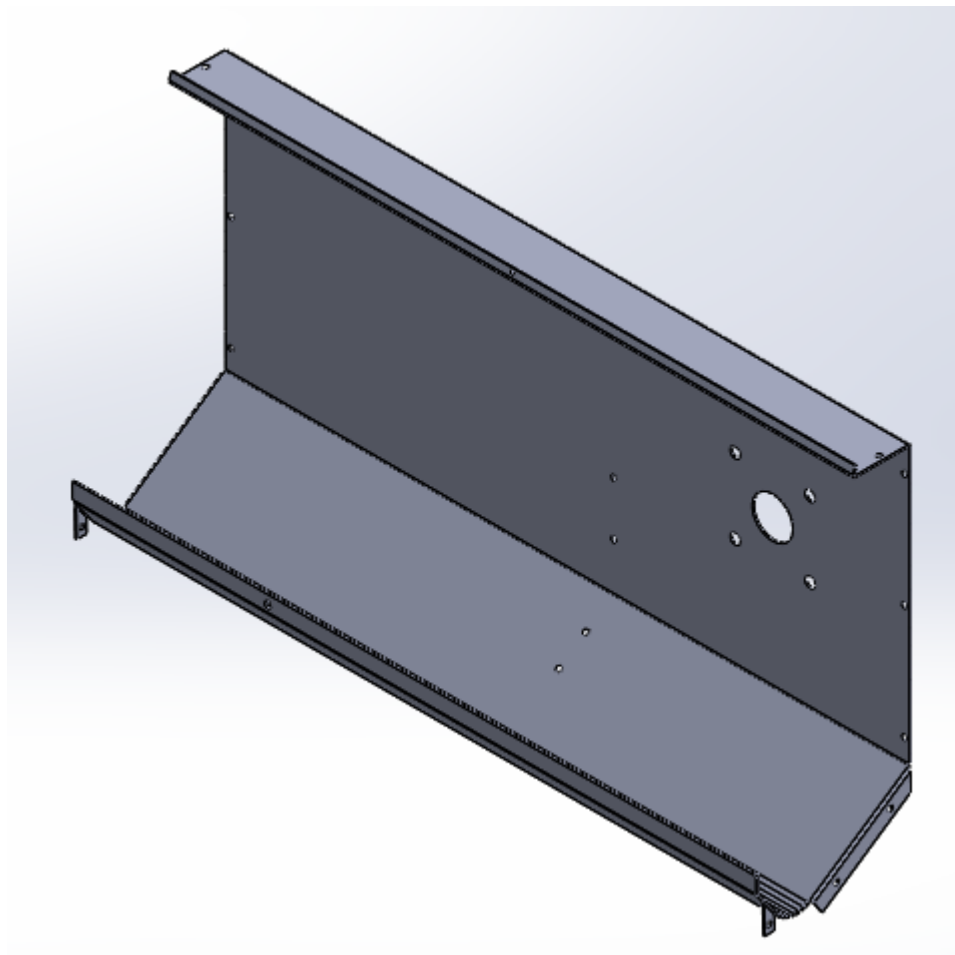


Fig. 22 Cuerpo carcasa máquina arrastre M-10 BMM.

Una vez estudiado el proceso de fabricación se puede realizar la valoración económica de la fabricación de esta pieza. En la tabla 3 se pueden observar los resultados:

Tabla 3 Valoración económica del cuerpo de la carcasa de la máquina de arrastre M-10 de BMM.

CÓDIGO	FASE	CANTIDAD	COSTE/UNIDAD	C. TOTAL
MMX21040	CHAPA ACERO INOXIDABLE 3000X1500X2 MM	10.2 Kg	2.63 €/Kg	26.82 €



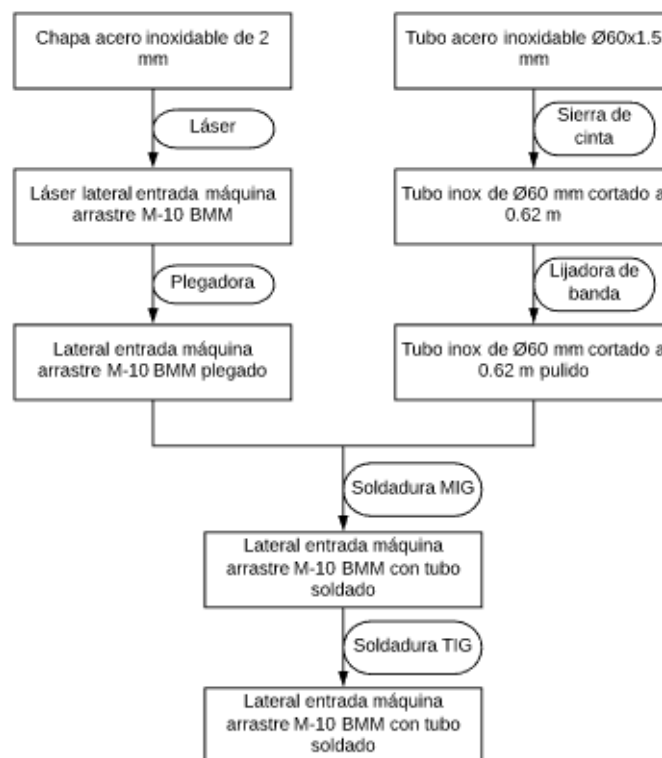
⁷ Véase Anexo A.5: Hoja de fase del cuerpo carcasa máquina arrastre M-10 BMM.



76	Láser	48 s	0,027 €/s	1.30 €
LF006547	LÁSER CUERPO CARCASA MÁQ ARRASTRE M-10 BMM			28.12 €
LF006547	LÁSER CUERPO CARCASA MÁQ ARRASTRE M-10 BMM	1 u	28.12 €/u	28.12 €
2	Plegadora Axial 3 m	138 s	0.013 €/s	1.84 €
TCPI0036	CUERPO CARCASA MÁQ ARRASTRE M-10 BMM PLEGADO			29.96 €
TCPI0036	CUERPO CARCASA MÁQ ARRASTRE M-10 BMM PLEGADO	1 u	29.96 €/u	29.96 €
24	Soldadura TIG	32 s	0.0083 €/s	0.27 €
TCCA0010	CUERPO CARCASA MÁQ ARRASTRE M-10 BMM			30.23 €

6.3. Lateral de entrada de la máquina de arrastre

En el esquema 2 se puede observar el escandallo resumido del lateral de entrada de la máquina de arrastre. En los anexos se puede consultar la hoja de ruta correspondiente a la fabricación de esta pieza⁸.



Esquema 2 Escandallo lateral entrada máquina arrastre M-10 BMM.

⁸ Véase Anexo A.6: Hoja de ruta del lateral de entrada de la máquina de arrastre M-10 de BMM.

Tal y como se puede ver en dicho escandallo, el lateral de entrada de la máquina de arrastre está formado a partir de la soldadura de dos piezas de fabricación distintas, es por esta razón por la que estas piezas tienen también sus propias hojas de ruta que se pueden consultar en los anexos⁹¹⁰

Si se empieza analizando el proceso de fabricación del lateral de chapa en sí, el primer paso es un corte en el láser para conseguir el troquel del lateral. En los anexos se puede consultar la hoja de fase de este proceso¹¹.

Seguidamente, como en casi todas las piezas de chapa metálica, se realizan los pertinentes pliegues en la plegadora. Los pliegues de esta pieza no tienen ninguna complejidad y son fácilmente realizables en la plegadora Axial de 1 m gracias a los topes. En los anexos se puede consultar la hoja de fase del plegado¹². Con este paso la pieza queda terminada.

El proceso de fabricación del tubo no tiene ningún secreto, es un corte en la sierra de cinta y el desbarbado y pulido del mismo. En los anexos se puede consultar las hojas de ruta de estos dos pasos¹³¹⁴.

Una vez obtenidas las dos piezas se procede a hacer el ensamblaje de las dos mediante soldadura MIG. En el anexo se adjunta la hoja de fase de este proceso¹⁵.

Finalmente, para terminar el lateral de la máquina de arrastre tan solo queda soldar los tornillos para la sujeción de la tapa. Este proceso no es realmente necesario, pero de este modo se puede sujetar la tapa con tornillos mariposa y es mucho más cómodo. En los anexos

⁹ Véanse Anexo A.7: Hoja de ruta del lateral de entrada máquina de arrastre M-10 de BMM plegado.

¹⁰ Véase Anexo A.8: Hoja de ruta del tubo inox de Ø60 mm cortado a 0.62 m pulido.

¹¹ Véase Anexo A.9: Hoja de fase del láser lateral entrada de la máquina de arrastre M-10 de BMM.

¹² Véase Anexo A.10: Hoja de fase del lateral entrada de la máquina de arrastre M-10 de BMM plegado.

¹³ Véase Anexo A.11: Hoja de fase del tubo inox de Ø60 mm cortado a 0.62 m.

¹⁴ Véase Anexo A.12: Hoja de fase del tubo inox de Ø60 mm cortado a 0.62 m pulido.

¹⁵ Véase Anexo A.13: Hoja de fase del lateral entrada de la máquina de arrastre M-10 de BMM con tubo soldado.



se puede consultar la hoja de fase de este proceso¹⁶.

El resultado de todo este proceso se puede observar en la figura 23:

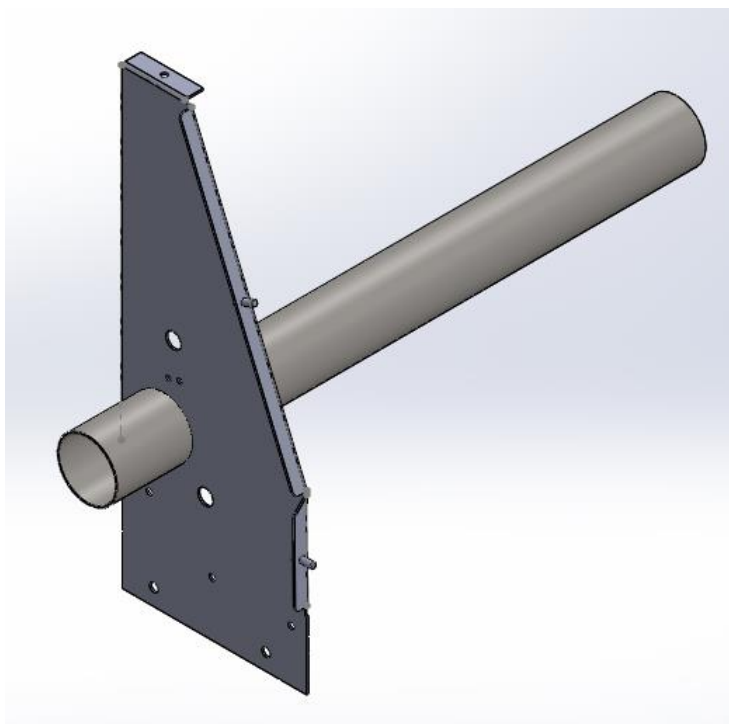


Fig. 23 Lateral entrada máquina de arrastre M-10 BMM.

Una vez estudiado el proceso de fabricación se puede realizar la valoración económica de la fabricación de esta pieza. En la tabla 4 se pueden observar los resultados:

Tabla 4 Valoración económica del lateral de entrada de la máquina de arrastre M-10 BMM

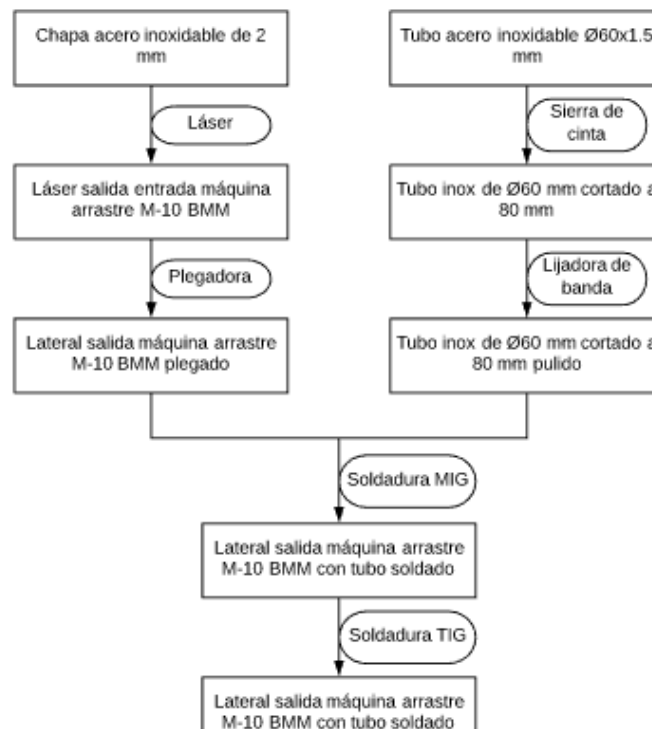
CÓDIGO	FASE	CANTIDAD	COSTE/UNIDAD	C. TOTAL
MMX21040	CHAPA ACERO INOXIDABLE 3000X1500X2 MM	1.49 Kg	2.63 €/Kg	3.92 €
76	Láser	19.8 s	0,027 €/s	0.54 €
LF009047	LÁSER LATERAL ENTRADA MÁQUINA ARRASTRE M-10 BMM			4.46 €
LF009047	LÁSER LATERAL ENTRADA MÁQUINA ARRASTRE M-10 BMM	1 u	4.46 €/u	4.46 €
3	Plegadora Axial 1 m	72 s	0.013 €/s	0.94 €
TCPI0040	LATERAL ENTRADA MÁQUINA ARRASTRE M-10 BMM PLEGADO			5.4 €
MMX21001	TUBO ACERO INOXIDABLE Ø60X1.5 MM	0.682 m	2.92 €/m	2.00 €
31	Sierra de cinta	48 s	0.0083 €/s	0.4 €
TCPI0037	TUBO INOX DE Ø60 CORTADO A 0.62 M			2.4 €

¹⁶ Véase Anexo A.14: Hoja de fase del lateral entrada de la máquina de arrastre M-10 de BMM.

TCPI0037	TUBO INOX DE Ø60 CORTADO A 0.62 M	1 u	2.4 €/u	2.4 €
34	<i>Lijadora de banda</i>	42 s	0.0083 €/s	0.35 €
TCPI0038	TUBO INOX DE Ø60 CORTADO A 0.62 M PULIDO			2.75 €
TCPI0040	LATERAL ENTRADA MÁQUINA ARRASTRE M-10 BMM PLEGADO	1 u	5.4 €/u	5.4 €
TCPI0038	TUBO INOX DE Ø60 CORTADO A 0.62 M PULIDO	1 u	2.75 €/u	2.75 €
25	<i>Soldadura MIG</i>	60 s	0.0083 €/s	0.5 €
TCPI0070	LATERAL ENTRADA MÁQ. ARRASTRE M-10 CON TUBO SOLDADO			8.65 €
TCPI0070	LATERAL ENTRADA MÁQ. ARRASTRE M-10 CON TUBO SOLDADO	1 u	8.65 €/u	8.65 €
24	<i>Soldadura TIG</i>	64 s	0.0083 €/s	0.54 €
TCCA0020	LATERAL ENTRADA MÁQUINA ARRASTRE M-10 BMM			9.19 €

6.4. Lateral de salida de la máquina de arrastre

El lateral de salida de la máquina de arrastre es muy similar al lateral de entrada, en el esquema 3 del escandallo de la pieza se puede observar claramente su similitud. En los anexos se puede consultar la hoja de ruta referida a esta pieza¹⁷.



Esquema 3 Escandallo del lateral de entrada de la máquina de arrastre.



¹⁷ Véase Anexo A.15: Hoja de ruta del lateral de salida de la máquina de arrastre M-10 de BMM.



Si se empieza analizando la chapa que conforma el lateral, una de las pocas diferencias con el lateral de entrada se encuentra en el primer paso, el corte con láser del troquel de chapa, ya que la distribución de agujeros es distinta. En los anexos se puede consultar la hoja de ruta de toda la pieza y la hoja de fase referente a este paso¹⁸¹⁹.

Seguidamente se han de realizar los pliegues correspondientes, que coinciden exactamente con los del lateral de entrada pero en la dirección opuesta. Estos pliegues se pueden realizar en la plegadora Axial de 1 m. La hoja de ruta se puede consultar en los anexos²⁰. Con esto la chapa lateral queda terminada.

El proceso de fabricación del tubo de salida del lateral es similar que el del lateral de entrada, con la diferencia en la longitud, si para el lateral de entrada eran 0.62 m, para el lateral de salida tan solo se necesitan 80 mm. En los anexos se puede consultar la hoja de ruta correspondiente a esta pieza y las hojas de fase correspondientes al proceso de corte en la sierra de cinta y al desbarbado y pulido en la lijadora de banda²¹²²²³.

El ensamblaje de estas dos piezas se hace mediante soldadura MIG con 3 cordones perimetrales de 30 mm cada uno. La hoja de fase correspondiente a este proceso se puede consultar en los anexos²⁴.

Finalmente para dejar la pieza terminada tan solo falta soldar con TIG los tornillos para la sujeción de la tapa, el proceso es exactamente el mismo que para el lateral de entrada. En los anexos se puede consultar la hoja de fase de este paso final²⁵.

¹⁸ Véase Anexo A.16: Hoja de ruta del lateral salida de la máquina de arrastre M-10 BMM plegado.

¹⁹ Véase Anexo A.17: Hoja de fase del láser lateral de salida de la máquina de arrastre M-10 de BMM.

²⁰ Véase Anexo A.18: Hoja de fase lateral de salida de la máquina de arrastre M-10 de BMM plegado.

²¹ Véase Anexo A.19: Hoja de ruta del tubo de Ø60 mm cortado a 80 mm pulido.

²² Véase Anexo A.20: Hoja de fase del tubo de Ø60 mm cortado a 80 mm.

²³ Véase Anexo A.21: Hoja de fase del tubo de Ø60 mm cortado a 80 mm pulido.

²⁴ Véase Anexo A.22: Hoja de fase del lateral de salida de la máquina de arrastre M-10 BMM con tubo soldado.

²⁵ Véase Anexo A.23: Hoja de fase de lateral de salida de la máquina de arrastre M-10 de BMM.

La pieza resultante de todos estos procesos se puede observar en la figura 24:

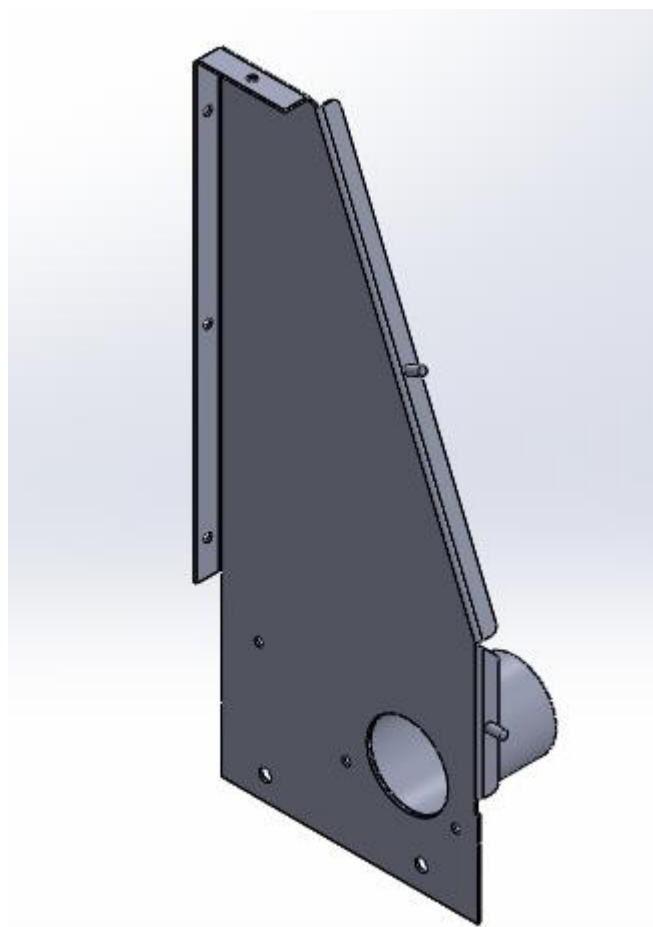


Fig. 24 Lateral salida de la máquina de arrastre M-10 BMM.

Para terminar el análisis del lateral de salida de la máquina de arrastre solo falta analizar la valoración económica de la fabricación, que se puede observar en la tabla 5:

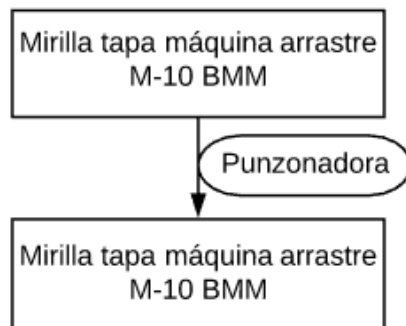
Tabla 5 Valoración económica del lateral de salida de la máquina de arrastre M-10 de BMM.

CÓDIGO	FASE	CANTIDAD	COSTE/UNIDAD	C. TOTAL
MMX21040	CHAPA ACERO INOXIDABLE 3000X1500X2 MM	1.49 Kg	2.63 €/Kg	3.92 €
76	Láser	20 s	0,027 €/s	0.54 €
LF006548	LÁSER LATERAL SALIDA MÁQUINA ARRASTRE M-10 BMM			4.46 €
LF006548	LÁSER LATERAL SALIDA MÁQUINA ARRASTRE M-10 BMM	1 u	4.46 €/u	4.46 €
3	Plegadora Axial 1 m	72 s	0.013 €/s	0.94 €

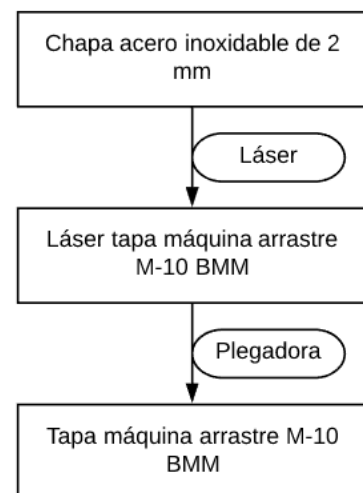
TCPI0032	LATERAL SALIDA MÁQUINA ARRASTRE M-10 BMM PLEGADO			5.4 €
MMX21001	TUBO ACERO INOXIDABLE Ø60X1.5 MM	0.08 m	2.92 €/m	0.24 €
31	<i>Sierra de cinta</i>	25 s	0.0083 €/s	0.21 €
TCPI0037	TUBO INOX DE Ø60 CORTADO A 80 MM			0.45 €
TCPI0033	TUBO INOX DE Ø60 CORTADO A 80 MM	1 u	0.45 €/u	0.45 €
34	<i>Lijadora de banda</i>	42 s	0.0083 €/s	0.35 €
TCPI0034	TUBO INOX DE Ø60 CORTADO A 80 MM PULIDO			0.80 €
TCPI0032	LATERAL SALIDA MÁQUINA ARRASTRE M-10 BMM PLEGADO	1 u	5.4 €/u	5.4 €
TCPI0034	TUBO INOX DE Ø60 CORTADO A 0.62 M PULIDO	1 u	0.80 €/u	0.80 €
25	<i>Soldadura MIG</i>	60 s	0.0083 €/s	0.5 €
TCPI0035	LATERAL SALIDA MÁQ. ARRASTRE M-10 CON TUBO SOLDADO			6.7 €
TCPI0035	LATERAL SALIDA MÁQ. ARRASTRE M-10 CON TUBO SOLDADO	1 u	6.7 €/u	6.7 €
24	<i>Soldadura TIG</i>	64 s	0.0083 €/s	0.54 €
TCCA0030	LATERAL SALIDA MÁQUINA ARRASTRE M-10 BMM			7.24 €

6.5. Tapa y mirilla de la máquina de arrastre

En este apartado se analizan dos piezas distintas pero que se pueden ver como una sola, que son la tapa de la máquina de arrastre y la mirilla de la tapa. En los anexos se puede consultar las hojas de ruta correspondientes a las dos piezas y en los esquemas 4 y 5 se puede ver el



Esquema 4 Escandallo de la mirilla de la máquina de arrastre M-10 de BMM.



Esquema 5 Escandallo de la tapa de la máquina de arrastre M-10 de BMM.

escandallado de cada una²⁶²⁷.

Si se empieza analizando el proceso de fabricación de la tapa, el primer paso consiste en el corte mediante el láser del troquel de la tapa. Se trata de un corte muy sencillo y rápido ya que aunque la pieza es de grandes dimensiones la geometría es muy sencilla. En los anexos se puede consultar la hoja de ruta correspondiente a este proceso²⁸.

El siguiente y último paso es el plegado central en el ángulo adecuado, pero como es un pliegue paralelo a las aristas anchas se puede hacer con suma facilidad con los topes de la plegadora. Se recomienda realizar este pliegue en la plegadora Axial de 3 m. En los anexos se puede consultar la hoja de fase correspondiente²⁹. Con esto queda la tapa terminada.

La mirilla se fabrica de un solo proceso mediante la punzonadora CNC. Es un proceso muy rápido pero extremadamente ruidoso. En los anexos se puede consultar la hoja de fase correspondiente³⁰.

²⁶ Véase Anexo A.24: Hoja de ruta de la tapa de la máquina de arrastre M-10 de BMM.

²⁷ Véase Anexo A.25: Hoja de ruta de la mirilla de la máquina de arrastre M-10 de BMM.

²⁸ Véase Anexo A.26: Hoja de fase del láser tapa de la máquina de arrastre M-10 de BMM.

²⁹ Véase Anexo A.27: Hoja de fase de la tapa de la máquina de arrastre M-10 de BMM plegada.

³⁰ Véase Anexo A.28: Hoja de fase de la mirilla de la máquina de arrastre M-10 de BMM.



El resultado de la fabricación de estas dos piezas se puede observar en la figura 25, aunque también se ha añadido la tornillería.

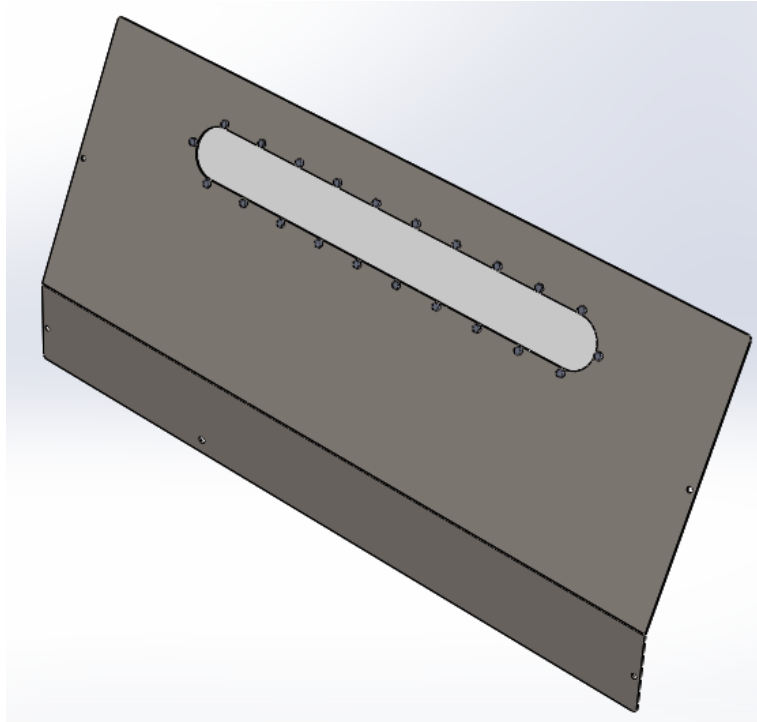


Fig. 25 Tapa y mirilla de la máquina de arrastre M-10 de BMM.

Para terminar el análisis de estos componentes se realiza su valoración económica, que se puede observar en las tablas 6 y 7:

Tabla 6 Evaluación económica de la tapa de la máquina de arrastre M-10 de BMM.

CÓDIGO	FASE	CANTIDAD	COSTE/UNIDAD	C. TOTAL
MMX21040	CHAPA ACERO INOXIDABLE 3000X1500X2 MM	6.04 Kg	2.63 €/Kg	15.88 €
76	Láser	46 s	0,027 €/s	1.25 €
LF006540	LÁSER TAPA MÁQUINA ARRASTRE M-10 BMM			17.13 €
LF006540	LÁSER TAPA MÁQUINA ARRASTRE M-10 BMM	1 u	17.13 €/u	17.13 €
3	Plegadora Axial 1 m	18 s	0.013 €/s	0.24 €
TCCA0040	TAPA MÁQUINA ARRASTRE M-10 BMM			17.37 €

Tabla 7 Evaluación económica de la mirilla de la máquina de arrastre M-10 de BMM.

CÓDIGO	FASE	CANTIDAD	COSTE/UNIDAD	C. TOTAL
MMO0030	PLACA METACRILATO 2000X1000X4 MM	0.123 m²	18.15 €/m²	2.23 €
1	Punzonadora Goitti	33 s	0.013 €/s	0.43 €
TCCA0050	MIRILLA MÁQUINA ARRASTRE M-10 BMM			2.66 €

6.6. Patas universales máquina de arrastre

Las patas de la máquina de arrastre sirven para anclar la máquina de arrastre a la superficie sobre la que reposa. Todos los modelos de máquina de arrastre que se fabrican en BMM (propios y para terceros) llevan el mismo modelo de patas, de ahí que se denominen universales. Están diseñadas de modo que se pueden utilizar con el excedente por delante de la máquina o por detrás. Tal y como se muestra en las figuras 26 y 27:

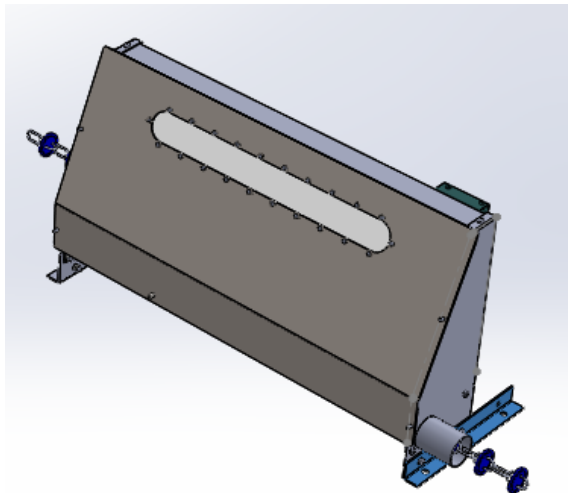


Fig. 27 Patas en posición 1.

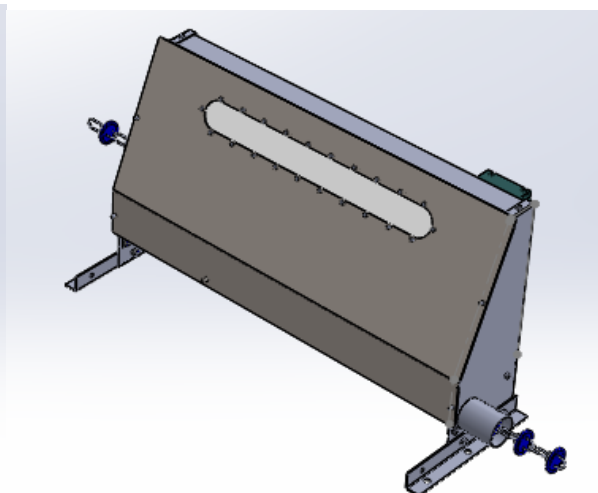
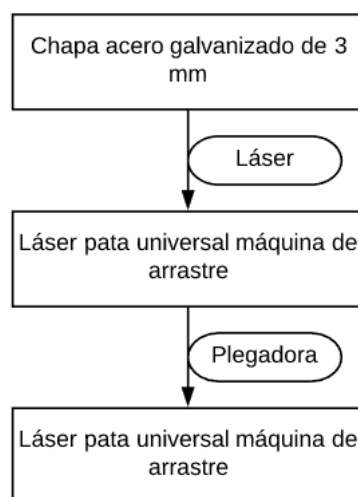


Fig. 26 Patas en posición 2.

El proceso de fabricación de las patas se puede observar en el esquema 7 y se puede consultar su hoja de ruta en los anexos³¹:



Esquema 6 Escandallo pata universal máquina de arrastre.



³¹ Véase Anexo A.29: Hoja de ruta dela pata universal para máquina de arrastre.



Esta pieza es de las más básicas, dos procesos, láser y plegadora y todo esto unido a una geometría muy sencilla. Las hojas de fase de estos dos procesos se pueden consultar en los anexos³²³³.

El resultado se puede observar en la figura 28:

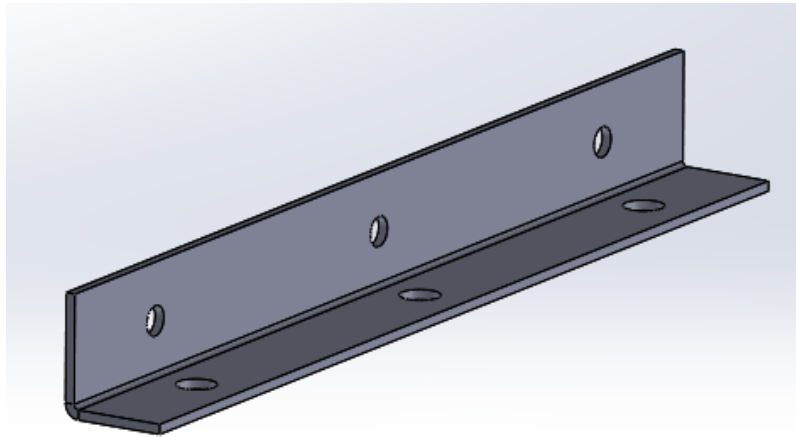


Fig. 28 Pata universal para máquina de arrastre.

Finalmente para dar el análisis de la pieza por terminado tan solo queda ver la evaluación económica del proceso de fabricación. En la tabla 8 se puede ver los resultados:

Tabla 8 Evaluación económica de la pata universal de máquina de arrastre.

CÓDIGO	FASE	CANTIDAD	COSTE/UNIDAD	C. TOTAL
MMG20010	CHAPA ACERO GALVANIZADO 3000X1500X3 MM	0.739 Kg	1.75 €/Kg	1.30 €
76	Láser	21 s	0,027 €/s	0.57 €
LF001005	LÁSER PATA UNIVERSAL MÁQUINA ARRASTRE			1.87 €
LF001005	LÁSER PATA UNIVERSAL MÁQUINA ARRASTRE	1 u	1.87 €/u	1.87 €
3	Plegadora Axial 1 m	15 s	0.013 €/s	0.20 €
TCCA0060	PATA UNIVERSAL MÁQUINA ARRASTRE			2.07 €

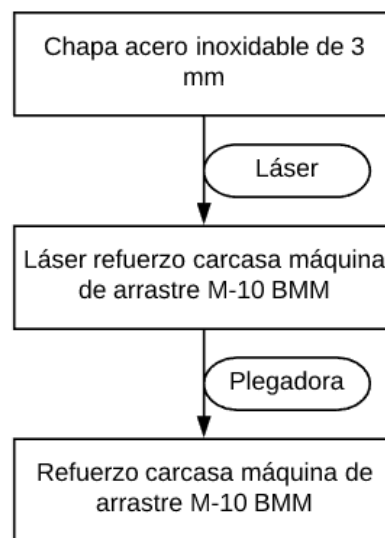
³² Véase Anexo A.30: Hoja de fase del láser pata universal para máquina de arrastre.

³³ Véase Anexo A.31: Hoja de fase de la pata universal para máquina de arrastre.

6.7. Refuerzo de la carcasa de la máquina de arrastre

El refuerzo de la carcasa de la máquina de arrastre es una pieza bien sencilla pero de vital importancia. Su función es dar solidez al conjunto de la carcasa y aguantar el embate de la cadena, es por eso que esta pieza está fabricada en chapa más gruesa de 3 mm de espesor.

En el siguiente escandallo (esquema 8) se puede observar el sencillo proceso de fabricación y en los anexos se puede consultar la hoja de ruta referente a esta pieza³⁴.



Esquema 7 Escandallo del refuerzo de la carcasa de la máquina de arrastre M-10 de BMM.

Es primer paso es el corte láser del troquel, tan solo hay que tener en cuenta que ahora la chapa con la que se trabaja es de 3 mm de espesor por lo que las condiciones de corte cambiarán respecto los otros cortes en chapa hechos hasta ahora. Se puede consultar la hoja de fase de este proceso en los anexos³⁵.

El siguiente y último proceso de esta pieza es el pliegue a 90° de las tres pestañas. Estos pliegues se pueden realizar en la plegadora Axial de 1 m con suma facilidad haciendo uso de los topes. Se puede consultar la hoja de fase de este paso en los anexos³⁶.

³⁴ Véase Anexo A.32: Hoja de ruta del refuerzo de la carcasa de la máquina de arrastre M-10 de BMM.

³⁵ Véase Anexo A.33: Hoja de fase del láser refuerzo carcasa máquina de arrastre M-10 de BMM.

³⁶ Véase Anexo A.34: Hoja de fase del refuerzo carcasa máquina de arrastre M-10 de BMM.



Con esto queda terminada la pieza y el resultado ha de ser el que se puede observar en la figura 29:

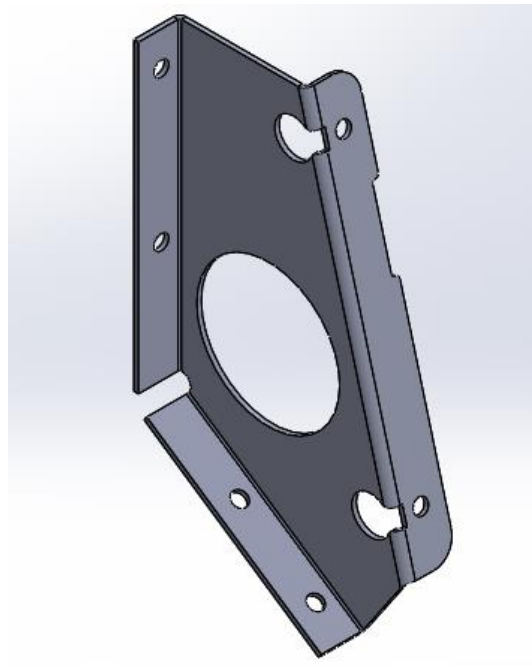


Fig. 29 Refuerzo carcasa máquina arrastre M-10 de BMM.

Finalmente se procede a realizar la evaluación económica de fabricación de la pieza, que se puede consultar en la tabla 9:

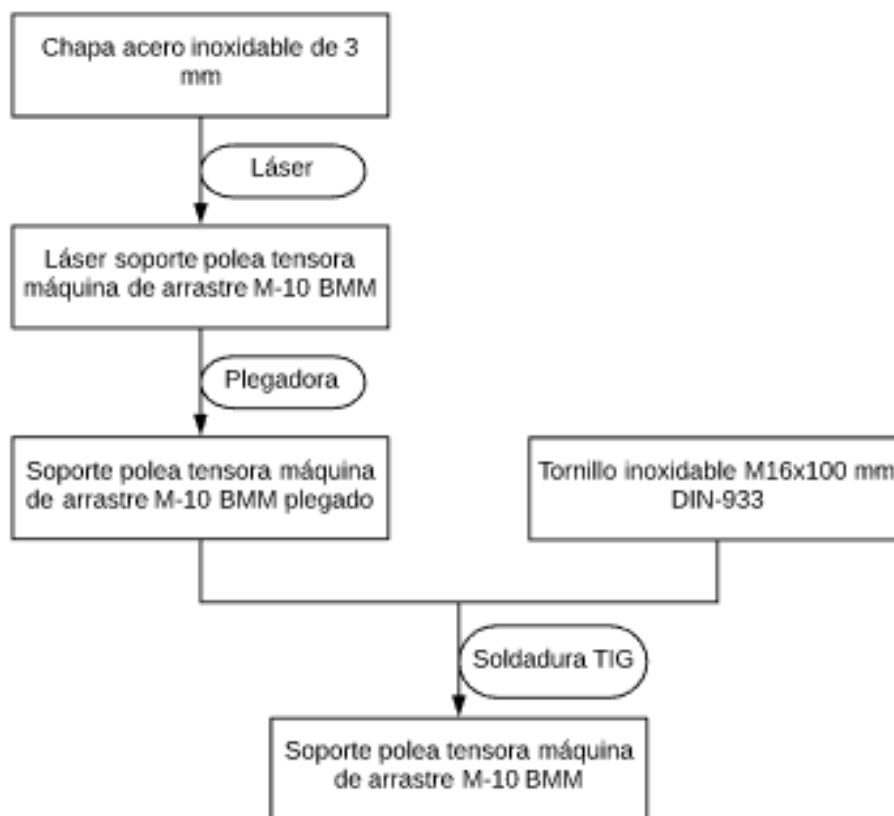
Tabla 9 Evaluación económica del refuerzo de la carcasa de la máquina de arrastre M-10 de BMM.

CÓDIGO	FASE	CANTIDAD	COSTE/UNIDAD	C. TOTAL
MMX21050	CHAPA ACERO INOXIDABLE 3000X1500X3 MM	0.29 Kg	2.84 €/Kg	0.83 €
76	Láser	23.4 s	0,027 €/s	0.64 €
LF006548	LÁSER REFUERZO CARCASA MÁQUINA ARRASTRE M-10 BMM			1.47 €
LF006548	LÁSER REFUERZO CARCASA MÁQUINA ARRASTRE M-10 BMM	1 u	1.47 €/u	1.47 €
3	Plegadora Axial 1 m	36 s	0.013 €/s	0.47 €
TCCA0070	REFUERZO CARCASA MÁQUINA ARRASTRE M-10 BMM			1.94 €

6.8. Soporte de la polea tensora de la máquina de arrastre

El soporte de la polea tensora, tal y como se ha explicado anteriormente, es seguramente una de las piezas clave para el correcto funcionamiento de la máquina de arrastre. Tiene una geometría bastante compleja porque en una sola pieza se consiguen múltiples objetivos tales como sujetar la polea tensora, permitir el movimiento longitudinal de la misma, fijar los límites del paro-final de carrera, sujetar un extremo del muelle tensor, etc.

Su proceso de fabricación refleja pobremente la complejidad de la pieza tal como se puede observar en escandallo del soporte (esquema 9). En los anexos se puede consultar la hoja de ruta correspondiente al proceso de fabricación del soporte de la polea tensora³⁷.



Esquema 8 Escandallo del soporte de la polea tensora de la máquina de arrastre.

El proceso se inicia con el corte mediante láser del soporte de la polea tensora. La geometría compleja de la pieza no es ningún obstáculo para las máquinas CNC por lo que se trata de un paso sencillo. Como observación, esta pieza se corta en acero inoxidable de 3 mm de espesor por lo que hay que cambiar los parámetros de corte del láser. En los anexos se puede consultar la hoja de fase correspondiente a este proceso³⁸.

El siguiente paso es el plegado en la plegadora Axial de 1 m. Este proceso es el más complejo de toda la pieza ya que para la realización de los pliegues hay que seguir un orden estricto, de otro modo la pieza no es realizable. En los anexos se puede consultar la hoja de fase referente a este proceso³⁹.

Finalmente, para terminar la pieza, sólo queda soldar el tornillo inoxidable hexagonal de M16x100 DIN-933 que actúa como eje de la polea tensora. Esta soldadura se realiza mediante TIG y sin metal de aportación. En los anexos se puede consultar la hoja de fase de este proceso⁴⁰.

El resultado se puede ver en la figura 30:

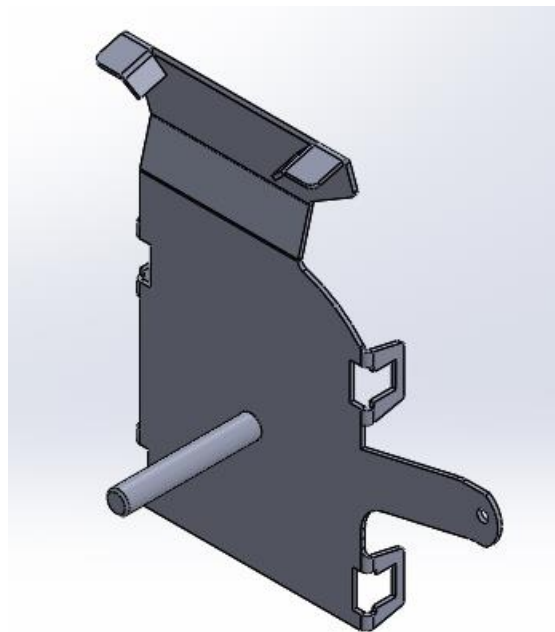


Fig. 30 Soporte polea tensora de la máquina de arrastre.

³⁸ Véase Anexo A.36: Hoja de fase del láser soporte de la polea tensora de la máquina de arrastre M-10 de BMM.

³⁹ Véase Anexo A.37: Hoja de fase del soporte de la polea tensora de la máquina de arrastre plegado.

⁴⁰ Véase Anexo A.38: Hoja de fase del soporte de la polea tensora de la máquina de arrastre.

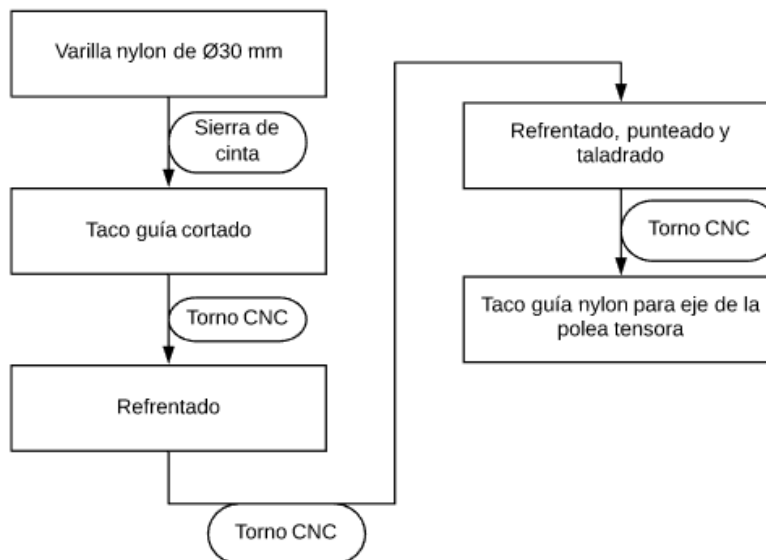
Para concluir el análisis del soporte de la polea tensora hay que evaluar el coste de fabricación del mismo. Los resultados de este estudio se pueden consultar en la tabla 10:

Tabla 10 Evaluación económica del soporte de la polea tensora de la máquina de arrastre.

CÓDIGO	FASE	CANTIDAD	COSTE/UNIDAD	C. TOTAL
MMX21050	CHAPA ACERO INOXIDABLE 3000X1500X3 MM	1.35 Kg	2.84 €/Kg	3.84 €
76	Láser	33 s	0,027 €/s	0.90 €
LF006551	LÁSER SOPORTE POLEA TENSORA MÁQUINA ARRASTRE			4.74 €
LF006551	LÁSER SOPORTE POLEA TENSORA MÁQUINA ARRASTRE	1 u	4.74 €/u	4.74 €
3	Plegadora Axial 1 m	126 s	0.013 €/s	1.64 €
TCPI0029	SOPORTE POLEA TENSORA MÁQUINA ARRASTRE PLEGADO			6.38 €
TCPI0029	SOPORTE POLEA TENSORA MÁQUINA ARRASTRE PLEGADO	1 u	6.38 €/u	6.38 €
24	Soldadura TIG	60 s	0.0083 €/s	0.5 €
TCCA0080	SOPORTE POLEA TENSORA MÁQUINA ARRASTRE			6.88 €

6.9. Taco guía nylon para el eje de la polea tensora

El taco guía sirve como separador entre el tornillo del soporte que trabaja como eje y la polea tensora. Es una pieza mecanizada en nylon por ser muy resistente al desgaste. El proceso de fabricación de esta pieza se puede observar en el esquema siguiente y en los anexos se puede consultar la hoja de ruta pertinente⁴¹.



Esquema 9 Escandallo del taco guía del eje de la polea tensora.



⁴¹ Véase Anexo A.39: Hoja de ruta del taco guía nylon para el eje de la polea tensora.



El proceso parte de una varilla de nylon de 30 mm de diámetro. El primer paso es el corte de esta varilla a la longitud deseada, en este caso 63 mm. Este proceso se realiza con la sierra de cinta, en los anexos se puede consultar su hoja de fase⁴².

Todos los siguientes pasos a realizar para terminar la pieza ya son en el torno de CNC. El nylon es un material muy blando para mecanizar pero hay que vigilar el sobrecalentamiento de la pieza que puede originar fusión de material, es por eso que se debe mecanizar a bajas revoluciones y avances altos.

Primero se debe realizar un refrentado de uno de los extremos, sujetando la pieza con garras duras por el otro, este proceso es necesario para poder garantizar que los extremos son perfectamente perpendiculares con el eje de la pieza. En los anexos se puede consultar la hoja de fase correspondiente a este paso⁴³.

A continuación se debe voltear la pieza sujetándola con garras duras para poder trabajar el otro extremo. El primer proceso es el refrentado, hecho esto ya se puede proceder a la realización del taladro longitudinal. Primero se realiza un punteado con una broca de puntear de Ø8 mm. Hecho el punto se puede proceder al taladrado garantizando la coaxialidad del eje y el agujero. Este taladrado se realiza en dos pasos, primero con una broca de Ø8 mm y finalmente con una broca de Ø16 mm, que es el diámetro final deseado del agujero. Con esto queda la fase terminada, en los anexos se puede consultar su hoja de fase⁴⁴.

Para terminar la pieza solo queda realizar el cilindrado exterior. Para poder hacerlo sin problemas se debe sujetar el taco guía con una pinza de Ø16 mm, de este modo queda todo el exterior de la pieza libre para ser mecanizado. El cilindrado se realiza en dos pasos, un primer cilindrado de desbaste y un cilindrado de acabado para llevar la pieza al diámetro exterior deseado. En los anexos se puede consultar la hoja de fase referente a este proceso⁴⁵.

La pieza una vez terminada tiene el aspecto que se puede observar en la figura 31.

⁴² Véase Anexo A.40: Hoja de fase del taco guía cortado.

⁴³ Véase Anexo A.41: Hoja de fase de refrentado del taco guía de nylon.

⁴⁴ Véase Anexo A.42: Hoja de fase del refrentado, punteado y taladrado del taco guía de nylon.

⁴⁵ Véase Anexo A.43: Hoja de fase del taco guía nylon de la polea tensora.

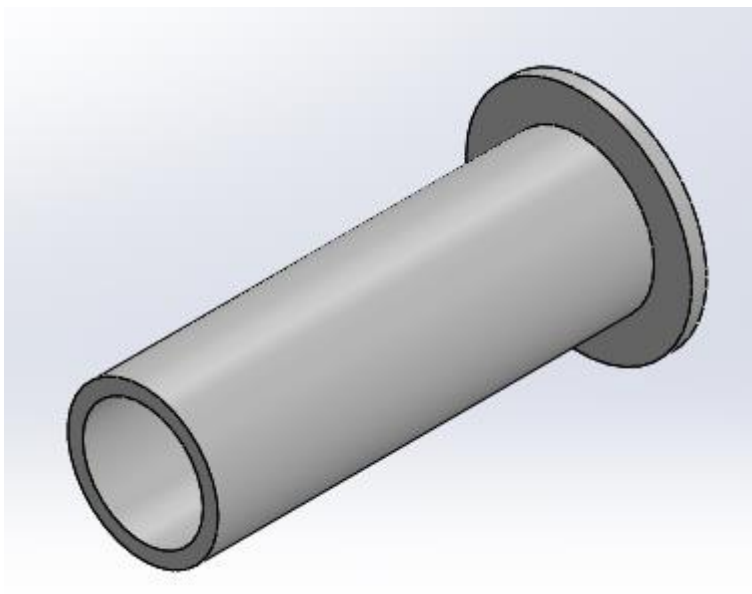


Fig. 31 Taco guía nylon para el eje de la polea tensora.

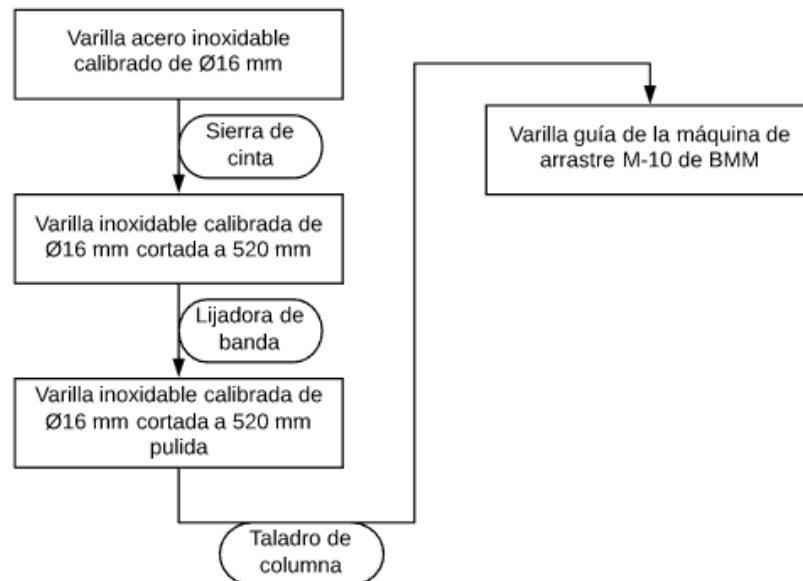
Y la evaluación económica del proceso de fabricación se puede ver en la tabla 11:

Tabla 11 Evaluación económica del taco guía nylon para el eje de la polea tensora.

CÓDIGO	FASE	CANTIDAD	COSTE/UNIDAD	C. TOTAL
MMO00043	VARILLA NYLON 101 DE Ø30 MM	0.06 Kg	4.63 €/Kg	0.28 €
31	<i>Sierra de cinta</i>	19.5 s	0.0083 €/s	0.17 €
TCPI0057	EJE CORTADO			0.45 €
TCPI0057	EJE CORTADO	1 u	0.45 €/u	0.45 €
42	<i>Torno CNC</i>	12 s	0.02 €/s	0.24 €
TCPI0058	REFRENTADO			0.69 €
TCPI0058	REFRENTADO	1 u	0.69 €/u	0.69 €
42	<i>Torno CNC</i>	49.3 s	0.02 €/s	0.99 €
TCPI0059	REFRENTADO, TALADRADO Y PUNTEADO			1.68 €
TCPI0059	REFRENTADO, TALADRADO Y PUNTEADO	1 u	1.68 €/u	1.68 €
42	<i>Torno CNC</i>	20.2 s	0.02 €/s	0.41 €
TCCA0090	TACO GUÍA NYLON PARA EL EJE DE LA POLEA TENSORA			2.09 €

6.10. Varillas guía de la máquina de arrastre

Las varillas guía permiten al soporte deslizarse dependiendo de la tensión de la cadena, es por eso que estas se fabrican en acero inoxidable calibrado. Su proceso de fabricación es sencillo pero delicado ya que no se debe mellar la superficie de las varillas. En el siguiente esquema se puede ver el proceso de fabricación y en los anexos se puede consultar la hoja de ruta de la fabricación de una varilla⁴⁶.



Esquema 10 Escandallo de la varilla guía de la máquina de arrastre M-10 de BMM

El proceso de fabricación parte del corte de la varilla, que se suministra en barras de 2 m, a la longitud deseada, 520 mm. Este proceso solo tiene la peculiaridad que para no dañar la superficie de la varilla en la mordaza de la sierra de cinta se usan garras blandas. En los anexos se puede consultar la hoja de fase referente a este paso⁴⁷.

El siguiente proceso es el achaflanado de los dos extremos. Esto se realiza en la lijadora de banda sin tratarse de un proceso muy delicado, tan solo se pretende matar los cantos. En los anexos se puede consultar la hoja de ruta referente a este proceso⁴⁸.

⁴⁶ Véase Anexo A.44: Hoja de ruta de la varilla guía de la máquina de arrastre M-10 de BMM.

⁴⁷ Véase Anexo A.45: Hoja de fase de la varilla inoxidable calibrada de Ø16 mm cortada a 520 mm.

⁴⁸ Véase Anexo A.46: Hoja de fase de la varilla inoxidable calibrada de Ø16 mm cortada a 520 mm pulida.

Finalmente, para terminar la pieza solo queda realizar el taladro para poder pasar el tornillo fijador. Para la realización de este taladro se precisan dos pasos: Como la superficie que se quiere taladrar no es plana sino que presenta curvatura, para evitar el posible descentramiento de la broca primero se debe realizar un punteado. Para hacer esto se utiliza un broca para puntear inoxidable de 4 mm. Hecho esto se puede realizar el taladrado en toda la profundidad con una broca de 6 mm sin temor al descentramiento de la misma. En los anexos se puede consultar la hoja de fase del taladrado y las condiciones de corte⁴⁹.

La pieza resultante se puede observar en la figura 32:

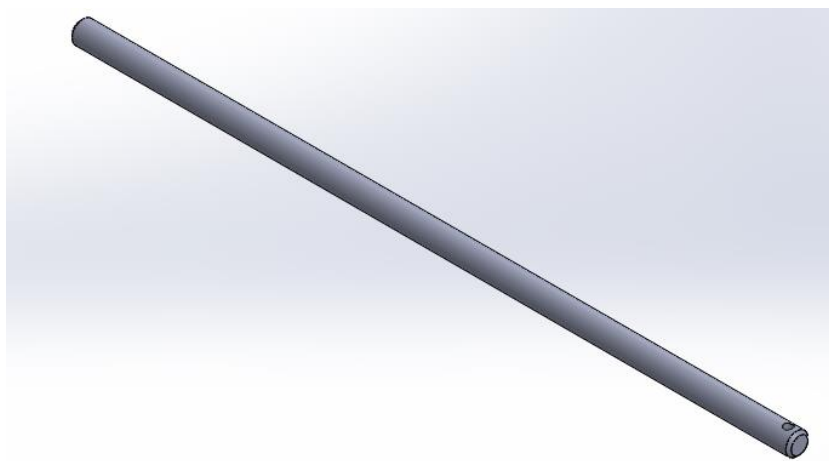


Fig. 32 Varilla guía de la máquina de arrastre M-10 de BMM.

Finalmente, para terminar el análisis de la pieza tan solo falta realizar la evaluación económica. En la tabla 12 se pueden observar los resultados:

Tabla 12 Evaluación económica de la varilla guía de la máquina de arrastre M-10 de BMM.

CÓDIGO	FASE	CANTIDAD	COSTE/UNIDAD	C. TOTAL
MMX20150	VARILLA CALIBRADA INOXIDABLE DE Ø16 MM	0.917 Kg	4.08 €/Kg	3.75 €
31	<i>Sierra de cinta</i>	24 s	0.0083 €/s	0.2 €
TCPI0071	VARILLA CALIBRADA INOXIDABLE Ø16 MM CORTADA A 520 MM			3.95 €
TCPI0071	VARILLA CALIBRADA INOXIDABLE Ø16 MM CORTADA A 520 MM	1 u	3.95 €/u	3.95 €
34	<i>Lijadora de banda</i>	43 s	0.0083 €/s	0.36
TCPI0072	VARILLA CALIBRADA INOX Ø16 MM CORTADA A 520 MM PULIDA			4.31 €
TCPI0072	VARILLA CALIBRADA INOX Ø16 MM CORTADA A 520 MM PULIDA	1 u	4.31 €/u	4.31 €
44	<i>Taladro de columna</i>	112 s	0.0083 €/s	0.93 €



⁴⁹ Véase Anexo A.47: Hoja de fase de la varilla guía de la máquina de arrastre M-10 de BMM.

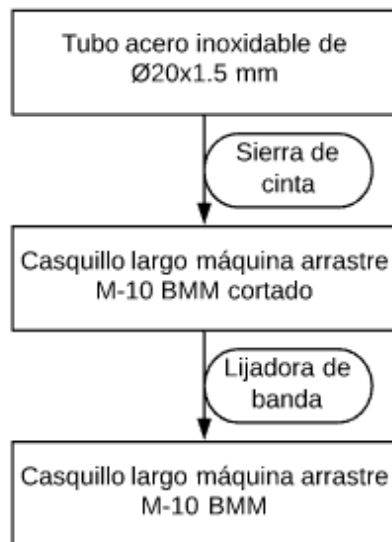


TCCA0100	VARILLA GUÍA MÁQUINA DE ARRASTRE M-10 DE BMM			5.24 €
----------	--	--	--	--------

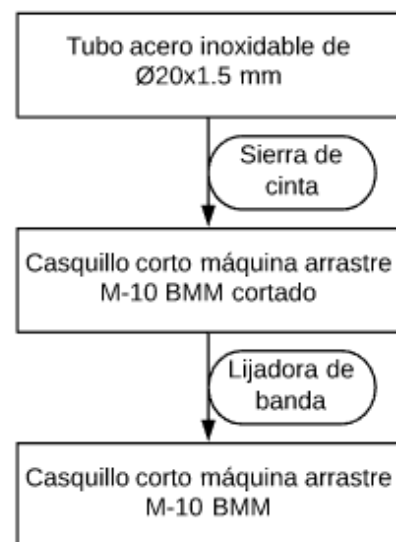
6.11. Casquillos de la máquina de arrastre

Los casquillos son las piezas que delimitan el desplazamiento de la polea tensora por las varillas guía. Su principal función es evitar golpes del soporte de la polea tensora contra la carcasa de la máquina de arrastre en caso de rotura de la cadena o de bloqueo de la misma.

En la máquina de arrastre en cuestión hay dos casquillos distintos, el largo y el corto. Aunque sean distintas piezas, tan solo se diferencian por sus dimensiones pero su proceso de fabricación es exactamente el mismo. Es por eso que se van a analizar los dos casquillos a la vez. En los esquemas 11 y 12 se pueden observar los escandallos de los casquillos. Sus hojas de ruta se pueden consultar en los anexos⁵⁰⁵¹.



Esquema 12 Escandallo del casquillo largo de la máquina de arrastre.



Esquema 11 Escandallo del casquillo corto de la máquina de arrastre.

Tal como se puede ver el proceso de fabricación de los casquillos es extremadamente sencillo. El primer paso consiste en el corte del tubo de acero inoxidable de Ø20x1.5 (En el argot de la fabricación también se le conoce como tubo de media pulgada). En los anexos se

⁵⁰ Véase Anexo A.48: Hoja de ruta del casquillo corto de la máquina de arrastre M-10 de BMM.

⁵¹ Véase Anexo A.49: Hoja de ruta del casquillo largo de la máquina de arrastre M-10 de BMM.

pueden consultar las hojas de fase referentes al corte de ambos casquillos⁵²⁵³.

El segundo y último paso que hay que realizar para terminar las piezas es el desbarbado y pulido del corte. Esto se realiza manualmente en la lijadora de banda. En los anexos se pueden consultar las hojas de fase del pulido de los dos casquillos⁵⁴⁵⁵.

En las figuras 33 y 34 se pueden apreciar los dos casquillos y queda patente que la única diferencia entre ellos son las dimensiones:

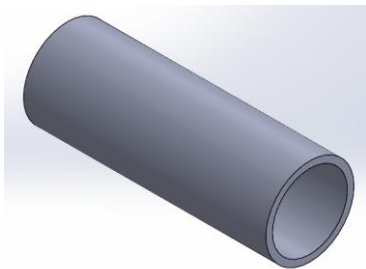


Fig. 34 Casquillo corto de la máquina de arrastre M-10 de BMM.

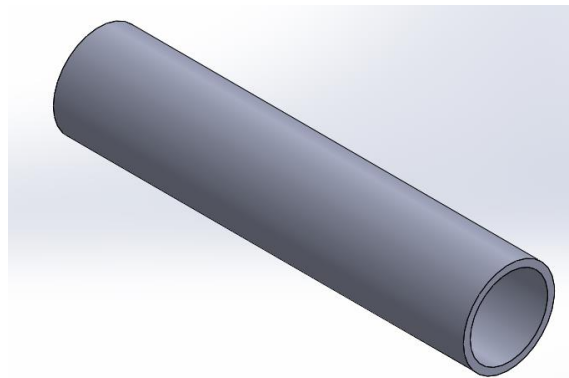


Fig. 33 Casquillo largo de la máquina de arrastre M-10 de BMM.

Para terminar el análisis de proceso de fabricación de los dos casquillos, solo queda por ver la evaluación económica de los procesos. En las tablas 13 y 14 se pueden ver los resultados:

Tabla 13 Evaluación económica del casquillo largo de la máquina de arrastre M-10 de BMM.

CÓDIGO	FASE	CANTIDAD	COSTE/UNIDAD	C. TOTAL
MMX20013	TUBO ACERO INOXIDABLE Ø20X1.5 MM	0.1 m	1.89 €/m	0.19 €
31	Sierra de cinta	18 s	0.0083 €/s	0.15 €
TCPI0041	CASQUILLO LARGO MÁQUINA ARRASTRE CORTADO			0.34 €
TCPI0041	CASQUILLO LARGO MÁQUINA DE ARRASTRE CORTADO	1 u	0.34 €/u	0.34 €
34	Lijadora de banda	26 s	0.0083 €/s	0.22 €
TCCA0110	CASQUILLO LARGO MÁQUINA DE ARRASTRE M-10 DE BMM			0.56 €

⁵² Véase Anexo A.50: Hoja de fase del casquillo largo de la máquina de arrastre M-10 de BMM cortado.

⁵³ Véase Anexo A.51: Hoja de fase del casquillo corto de la máquina de arrastre M-10 de BMM cortado.

⁵⁴ Véase Anexo A.52: Hoja de fase del casquillo largo de la máquina de arrastre M-10 de BMM.

⁵⁵ Véase Anexo A.53: Hoja de fase del casquillo corto de la máquina de arrastre M-10 de BMM.



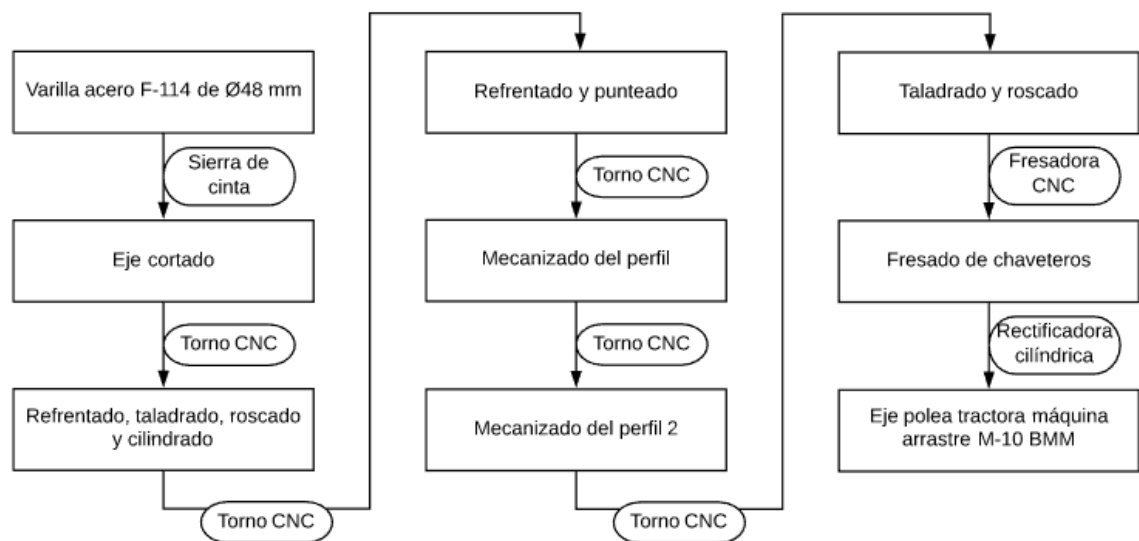
Tabla 14 Evaluación económica del casquillo corto de la máquina de arrastre M-10 de BMM.

CÓDIGO	FASE	CANTIDAD	COSTE/UNIDAD	C. TOTAL
MMX20013	TUBO ACERO INOXIDABLE Ø20X1.5 MM	0.06 m	1.89 €/m	0.12 €
31	<i>Sierra de cinta</i>	18 s	0.0083 €/s	0.15 €
TCPI0042	CASQUILLO CORTO MÁQUINA ARRASTRE CORTADO			0.27 €
TCPI0042	CASQUILLO CORTO MÁQUINA DE ARRASTRE CORTADO	1 u	0.27 €/u	0.27 €
34	<i>Lijadora de banda</i>	26 s	0.0083 €/s	0.22 €
TCCA0120	CASQUILLO CORTO MÁQUINA DE ARRASTRE M-10 DE BMM			0.49 €

6.12. Eje de la polea tractora de la máquina de arrastre

El eje de la polea tractora es el elemento encargado de la transmisión del par generado por el motor a la polea de tracción de la cadena de la máquina de arrastre.

En el esquema 13 se puede observar el escandallo de su proceso de fabricación y en los anexos se puede consultar la hoja de ruta de esta pieza⁵⁶.



Esquema 13 Escandallo del eje de la polea tractora de la máquina de arrastre M-10 de BMM.

⁵⁶ Véase Anexo A.54: Hoja de ruta del eje de la polea tractora de la máquina de arrastre M-10 de BMM.

El proceso se inicia con el corte en la sierra de cinta del pedazo de varilla de acero F-114 a partir del cual se va a conformar la pieza. En los anexos se puede consultar la hoja de fase correspondiente a este corte⁵⁷.

A partir de ahí se puede empezar la faena en el torno de control numérico, que es la máquina con la que se realizan la mayoría de los pasos. Sujetando la pieza con un plato de garras duras, el primer paso a realizar es el refrentado de una de las caras, para tener una superficie perfectamente perpendicular al eje de la pieza. Seguidamente se procede con el punteado con una broca de puntear de Ø8 mm del centro de esa misma superficie. Hecho esto se puede realizar un taladrado asegurando la concentricidad del agujero con el eje de la pieza. Este taladro se realiza con una broca de Ø6.5 mm y a una profundidad de 33.5 mm. El siguiente paso es la realización de una rosca de M8 en este mismo agujero. Finalmente, para terminar esta fase, se debe realizar un cilindrado a Ø45 mm y con una longitud de 66 mm desde el extremo mecanizado. En los anexos se puede consultar la hoja de fase correspondiente a todos estos procesos⁵⁸.

Para continuar hay que cambiar el sistema de sujeción del eje. En la nueva disposición se debe sujetar el eje por el extremo mecanizado mediante unas garras blandas de Ø45 mm previamente mecanizadas.

El primer paso a realizar es un refrentado completo del extremo, dejando el eje con una longitud total de 201 mm. Finalmente para terminar este proceso se debe puntear este extremo con una broca de puntear de Ø8 mm. En los anexos se puede consultar la hoja de fase⁵⁹.

Con el punto realizado ahora se puede sujetar el eje entre puntos y con una brida de arrastre, situando el punto del torno en el extremo punteado y el contrapunto en el extremo roscado. Con esta nueva disposición se puede mecanizar sin obstáculos el extremo del eje que se alojará en la polea tractora. Primero se realiza un cilindrado de desbaste a Ø40 mm y con una longitud de 40 mm. Seguidamente se realiza otra vez el mismo cilindrado pero esta vez como acabado y a un diámetro de Ø37.8 mm. Finalmente, para terminar, se achaflan las dos aristas resultantes de estos cilindrados. En los anexos se puede consultar la hoja de fase de este proceso⁶⁰.

⁵⁷ Véase Anexo A.55: Hoja de fase del eje cortado.

⁵⁸ Véase Anexo A.56: Hoja de fase del refrentado, taladrado, roscado y cilindrado del eje.

⁵⁹ Véase Anexo A.57: Hoja de fase del refrentado y punteado del eje.

⁶⁰ Véase Anexo A.58: Hoja de fase del mecanizado del perfil del eje.



El siguiente paso se realiza volteando la pieza para poder mecanizar el otro extremo. El proceso es similar. Primero se debe realizar un cilindrado de desbaste para reducir de Ø48 mm a Ø40 mm y en una longitud de 135 mm. Esto se realiza en dos pasadas. Seguidamente se realiza el mismo cilindrado pero para acabado y reduciendo el eje a Ø37.8 mm. Para terminar se achaflan las dos aristas resultantes de este proceso. En los anexos se puede consultar la hoja de fase referente a este mecanizado⁶¹.

Para finalizar los procesos en el torno CNC tan solo queda realizar el taladro y el roscado en el extremo punteado. El taladro se tiene que realizar a Ø6.5x33.5 mm y el roscado se realiza con un macho de roscar M8. La hoja de fase de este proceso se puede consultar en los anexos⁶².

Para continuar con la fabricación del eje se debe proceder con el fresado de los chaveteros. Este proceso se ha de realizar en la fresadora CNC. El eje se sujeta entre puntos y el fresado de los chaveteros se hace con una fresa del diámetro exacto de la anchura de los chaveteros, 10 mm. La hoja de fase de este proceso se puede consultar en los anexos⁶³.

El último paso para poder dejar terminado el eje es el rectificado del extremo que se ha de alojar en el motor. Con este rectificado se pretende conseguir un acabado con un IT de 6. La hoja de fase del rectificado se puede consultar en los anexos⁶⁴.

⁶¹ Véase Anexo A.59: Hoja de fase del mecanizado del perfil 2 del eje.

⁶² Véase Anexo A.60: Hoja de fase del taladrado y el roscado del eje.

⁶³ Véase Anexo A.61: Hoja de fase del fresado de los chaveteros del eje.

⁶⁴ Véase Anexo A.62: Hoja de fase del eje de la polea tractora de la máquina de arrastre M-10 de BMM.

El eje resultante de todos estos procesos de fabricación se puede ver en la figura 35:

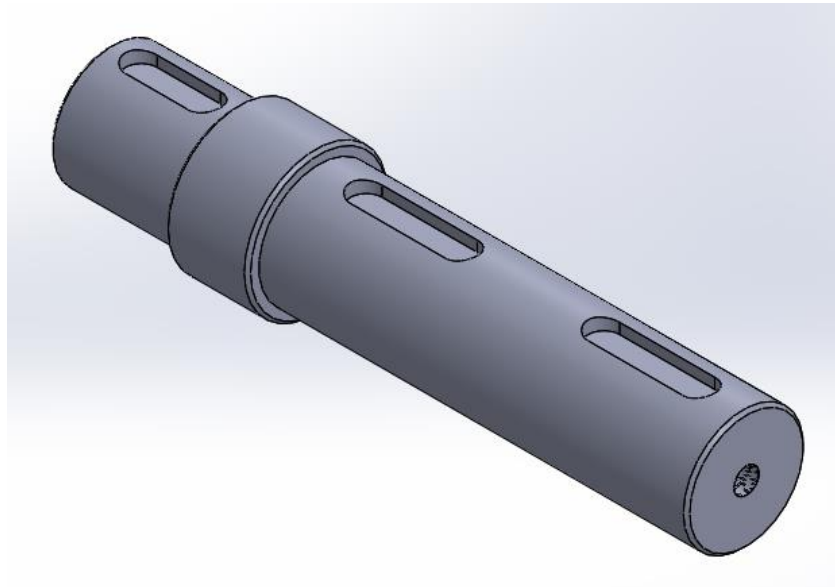


Fig. 35 Eje de la patea tractora de la máquina de arrastre M-10 BMM.

Hecho el análisis del proceso de fabricación del eje se va a hacer ahora una breve explicación de cómo se han obtenido los parámetros de corte para los distintos mecanizados. Se ha preferido esperar a la mecanización del eje, aunque ya se ha analizado anteriormente una pieza mecanizada (el taco guía) porque el eje es más ilustrativo que el taco guía, ya que además de reunir en una sola pieza todos los procesos de mecanizado, el material es acero y no nylon.

Para los procesos de torneado, el valor que interesa calcular es siempre las revoluciones por minuto a las que gira el torno durante el mecanizado. Los otros parámetros, como son la velocidad de corte, el avance de la herramienta y la profundidad de pasada vienen determinados por el material a mecanizar y la herramienta empleada.

Entonces para los procesos de cilindrado, refrentado, mandrinado y ranurado en torno que se pueden encontrar a lo largo de todo el proyecto la velocidad de giro del torno se ha calculado con la fórmula de la ecuación 6.1:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot D} \quad \text{donde} \quad \begin{cases} n = \text{velocidad de giro} [\text{min}^{-1}] \\ v_c = \text{velocidad de corte} [\text{m/min}] \\ D = \text{diámetro de la pieza a mecanizar} [\text{mm}] \end{cases} \quad (\text{Ec. 6.1})$$

Entonces, como ejemplo, para el proceso de cilindrado de acabado del la fase de refrentado, taladrado, roscado y cilindrado del eje⁶⁵, como se precisa un acabado bueno, se emplea una velocidad de corte de 170 m/min, que es adecuada para el material y para la herramienta, con un avance de 0.2 mm por revolución y una profundidad de pasada de 1.5 mm⁶⁶, sabiendo que el diámetro máximo a mecanizar es de 48 mm, se obtiene una velocidad de giro del torno de 1127 min⁻¹.

Del mismo modo se han calculado las condiciones de corte de los taladros. La velocidad de corte y el avance vienen especificados según el material a taladrar y la broca empleada, a partir de aquí, se calcula la velocidad de giro de la broca con la ecuación 6.1 ya estudiada.

Como ejemplo, en el taladrado hecho en la misma fase, sabiendo que la velocidad de corte a emplear para taladrar el acero con una bronca de Ø6.5 mm de acero rápido es de 15 m/min, se obtiene que la velocidad de giro óptima es de 734 min⁻¹.

El mismo proceso se realiza para calcular las velocidades de corte de los fresados, ya que a partir de la velocidad de corte recomendada por el fabricante, se debe calcular con la ecuación 6.1 la velocidad de giro adecuada para el mecanizado.

Si se usa como ejemplo el fresado de los chaveteros⁶⁷, se sabe que se debe emplear una velocidad de corte de 130 m/min para el fresado de desbaste y de 170 m/min para el fresado de acabado. Como se usa una fresa de ranurar de 8 mm de diámetro, mediante la fórmula de la velocidad de giro se obtienen los valores de 5172 min⁻¹ para el desbaste y 6764 min⁻¹ para el acabado.

Hecha esta breve aclaración sobre el cálculo de los parámetros de corte, para terminar el análisis del eje tan solo falta realizar la evaluación económica de todo el proceso de fabricación, que se puede observar en la tabla 15:

⁶⁵ Véase Anexo A.56: Hoja de fase del refrentado, taladrado, roscado y cilindrado del eje

⁶⁶ Estos parámetros están dentro del rango de valores especificados en las características técnicas de la herramienta empleada para el mecanizado.

⁶⁷ Véase Anexo A.61: Hoja de fase del fresado de los chaveteros del eje.

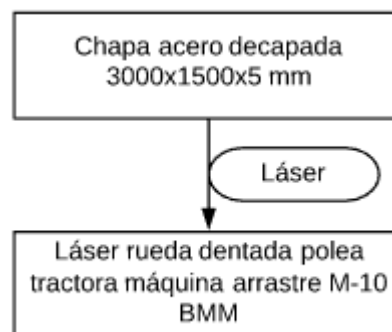
Tabla 15 Evaluación económica del eje de la polea tractora de la máquina de arrastre M-10 de BMM.

CÓDIGO	FASE	CANTIDAD	COSTE/UNIDAD	C. TOTAL
MMF00310	VARILLA ACERO NORMALIZADO F-114 Ø48 MM	3.35 Kg	0.74 €/Kg	2.48 €
31	<i>Sierra de cinta</i>	37.8 s	0.0083 €/s	0.32 €
TCPI0050	EJE CORTADO			2.8 €
TCPI0050	EJE CORTADO	1 u	2.8 €/u	2.8 €
42	<i>Torno CNC</i>	87 s	0.02 €/s	1.74 €
TCPI0051	REFRENTADO, TALADRADO, ROSCADO Y CILINDRADO			4.54 €
TCPI0051	REFRENTADO, TALADRADO, ROSCADO Y CILINDRADO	1 u	4.54 €/u	4.54 €
42	<i>Torno CNC</i>	24 s	0.02 €/s	0.48 €
TCPI0052	REFRENTADO Y PUNTEADO			5.02 €
TCPI0052	REFRENTADO Y PUNTEADO	1 u	5.02 €/u	5.02 €
42	<i>Torno CNC</i>	37 s	0.02 €/s	0.74 €
TCPI0053	MECANIZADO DEL PERFIL			5.76 €
TCPI0053	MECANIZADO DEL PERFIL	1 u	5.76 €/u	5.76 €
42	<i>Torno CNC</i>	148 s	0.02 €/s	2.96 €
TCPI0054	MECANIZADO DEL PERFIL 2			8.72 €
TCPI0054	MECANIZADO DEL PERFIL 2	1 u	8.72 €/u	8.72 €
42	<i>Torno CNC</i>	25 s	0.02 €/s	0.5 €
TCPI0055	TALADRADO Y ROSCADO			9.22 €
TCPI0055	TALADRADO Y ROSCADO	1 u	9.22 €/u	9.22 €
43	<i>Fresadora CNC</i>	55 s	0.02 €/s	1.1 €
TCPI0056	FRESADO DE CHAVETEROS			10.32 €
TCPI0056	FRESADO DE CHAVETEROS	1 u	10.32 €/u	10.32 €
67	<i>Rectificadora cilíndrica</i>	39 s	0.016 €/s	0.63 €
TCCA0130	EJE POLEA TRACTORA MÁQUINA ARRASTRE M-10 BMM			10.95 €

6.13. Rueda dentada de la polea tractora de la máquina de arrastre

La rueda dentada es uno de los elementos que forma la polea tractora y es la responsable de la transmisión del par del motor a la cadena. Actualmente se fabrican en chapa de acero decapada por su facilidad de corte en el láser y su resistencia aunque se han probado distintas configuraciones con otros materiales.

El proceso de fabricación se basa en un solo paso, el corte de la pieza en el láser. En el esquema 14 se puede observar el escandallo de la pieza y en los anexos se pueden consultar las hojas de ruta y fase de la rueda dentada⁶⁸⁶⁹.



Esquema 14 Escandallo de la rueda dentada de la polea tractora de la máquina de arrastre.

El resultado se puede observar en la figura 36:

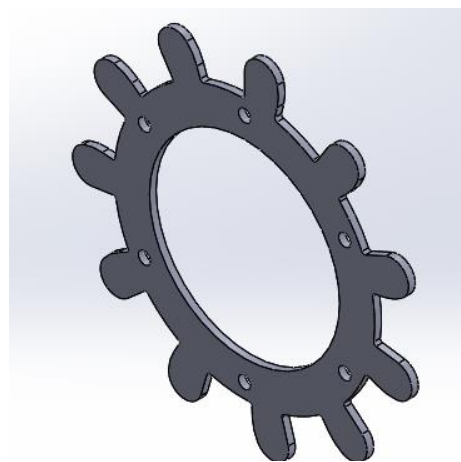


Fig. 36 Rueda dentada de la polea tractora de la máquina de arrastre.

⁶⁸ Véase Anexo A.63: Hoja de ruta de láser rueda dentada polea tractora de la máquina de arrastre.

⁶⁹ Véase Anexo A.64: Hoja de fase del láser rueda dentada polea tractora de la máquina de arrastre.

Finalmente, para terminar el análisis de esta pieza solo queda realizar la evaluación económica, que se puede observar en la tabla 16:

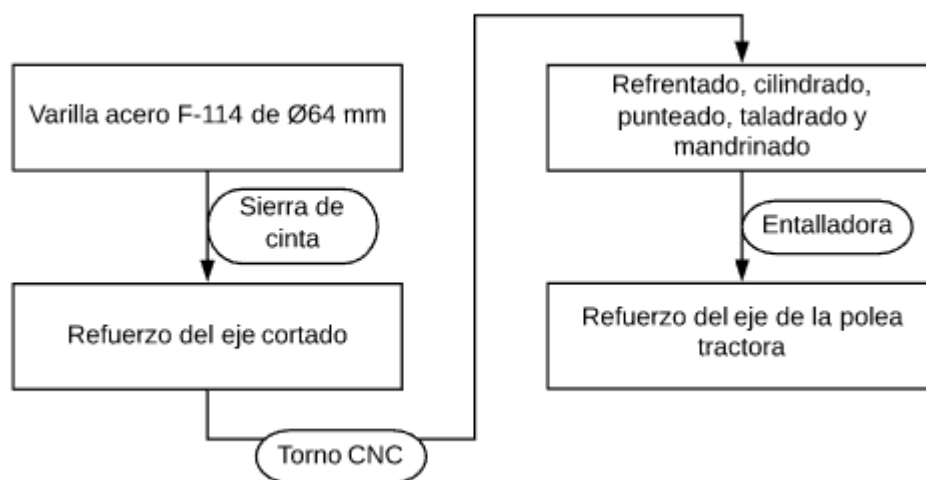
Tabla 16 Evaluación económica de la rueda dentada de la polea tractora de la máquina de arrastre.

CÓDIGO	FASE	CANTIDAD	COSTE/UNIDAD	C. TOTAL
MMF21115	CHAPA ACERO DECAPADA 3000X1500X5 MM	0.95 Kg	0.96 €/Kg	0.92 €
76	Láser	29.4 s	0,027 €/s	0.80 €
LF006551	LÁSER RUEDA DENTADA DE LA POLEA TRACTORA			1.72 €

6.14. Refuerzo del eje de la polea tractora

El refuerzo del eje de la polea tractora es la pieza que sirve para aliviar los esfuerzo sobre la rueda de nylon que forma la polea tractora. El objetivo es que al poseer la entalladura en la cual se puede alojar la chaveta del eje, el par del motor se reparta entre la rueda de nylon y el refuerzo, y al ser este de metal aporta gran robustez al conjunto. A la vez actúa como separador y no permite que la polea tensora puede desplazarse por el eje.

El proceso de fabricación de esta pieza se puede ver en el esquema 15 y en los anexos se puede consultar su hoja de ruta⁷⁰



Esquema 15 Escandallo del refuerzo del eje de la polea tractora.

Como casi todas las piezas mecanizadas en el torno, el proceso se inicia con el corte de la varilla a mecanizar en la sierra de cinta. En este caso, al tratarse de una pieza estrecha, en general se corta la varilla a una longitud que permita sacar de ella diez piezas. Este se hace con el objetivo de facilitar el mecanizado de la pieza y ahorrar costes ya que se reducen los



⁷⁰ Véase Anexo A.65: Hoja de ruta del refuerzo del eje de la polea tensora.



pasos de fabricación. En los anexos se puede consultar la hoja de fase referente al corte⁷¹

El siguiente proceso se debe realizar en el torno. Como se ha comentado de la varilla inicialmente cortada se pueden obtener diez piezas, al trabajar de este modo, las ocho primeras piezas se pueden realizar en el torno de un solo proceso mientras que en las dos últimas se debe cambiar el sistema de sujeción en un par de ocasiones. Las hojas de fase que se adjuntan en los anexos⁷² se han realizado como si se tratara de una de las 8 piezas que se pueden obtener de forma más sencilla.

La varilla cortada se sujeta con garras duras al plato de garras por uno de sus extremos. El primer paso es la realización de un refrentado completo para la obtención de una cara perfectamente lisa y sin imperfecciones. Seguidamente se puede realizar un cilindrado para obtener el diámetro exterior deseado. Hecho esto se procede con el mecanizado del agujero central. Primero se realiza un punteado con una broca de puntear de Ø8 mm, luego se taladra a la profundidad deseada con una broca de Ø8 mm y se vuelve a taladrar para agrandar el agujero con una broca de Ø16 mm. Para seguir ensanchando el agujero se procede con un mandrinado, y se realizan tres pasadas de desbaste y una de acabado para conseguir el diámetro final interior de 38 mm.

Para terminar la pieza tan solo queda realizar el chavetero. Este proceso se realiza un la entalladora con una cuchilla de 10 mm de anchura. En los anexos se puede consultar la hoja de fase de este último proceso⁷³.

⁷¹ Véase Anexo A.66: Hoja de fase de refuerzo del eje cortado.

⁷² Véase Anexo A.67: Hoja de fase del refrentado, cilindrado, punteado, taladrado y mandrinado del refuerzo del eje.

⁷³ Véase Anexo A.68: Hoja de fase del refuerzo del eje de la polea tractora.

La pieza una vez terminada tiene el aspecto que se puede observar en la figura 37:

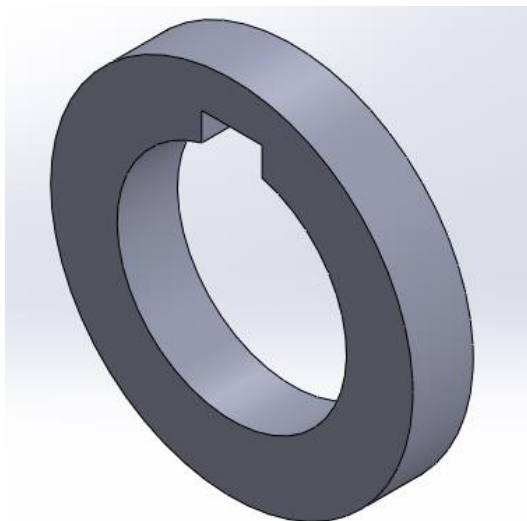


Fig. 37 Refuerzo del eje de la polea tractora.

Para terminar el análisis se puede observar en la tabla 17 la evaluación económica del proceso de fabricación:

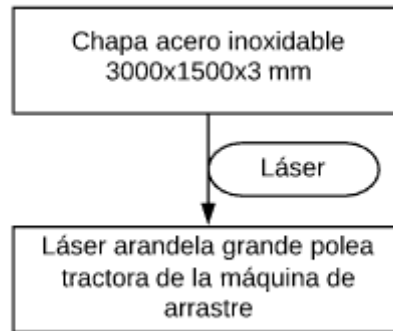
Tabla 17 Evaluación económica del refuerzo del eje de la polea tractora.

CÓDIGO	FASE	CANTIDAD	COSTE/UNIDAD	C. TOTAL
MMF00310	VARILLA ACERO NORMALIZADO F-114 Ø48 MM	0.32 Kg	0.74 €/Kg	0.24 €
31	Sierra de cinta	43 s	0.0083 €/s	0.36 €
TCPI0060	REFUERZO DEL EJE CORTADO			0.6 €
TCPI0060	REFUERZO DEL EJE CORTADO	1 u	0.6 €/u	0.6 €
42	Torno CNC	118 s	0.02 €/s	2.36 €
TCPI0061	REFRENTADO, CILINDRADO, TALADRADO Y MANDRINADO			2.96 €
TCPI0061	REFRENTADO, CILINDRADO, TALADRADO Y MANDRINADO	1 u	2.96 €/u	2.96 €
68	Entalladora	63	0.0083 €/s	0.53 €
TCCA0170	REFUERZO DEL EJE DE LA POLEA TRACTORA			3.49 €

6.15. Arandela grande de la polea tractora

Esta pieza no es más que una arandela de mayor tamaño para evitar que la polea tractora

pueda salirse del eje. Se fabrica en chapa inoxidable de 3 mm de espesor para aportar más solidez y se hace mediante un sencillo corte láser. En el esquema 16 se puede ver el escandallo de la arandela y en los anexos se puede consultar las hojas de ruta y fase correspondientes a esta arandela⁷⁴⁷⁵.



Esquema 16 Escandallo arandela grande de la polea tractora de la máquina de arrastre.

El resultado de este proceso se puede observar en la figura 38:

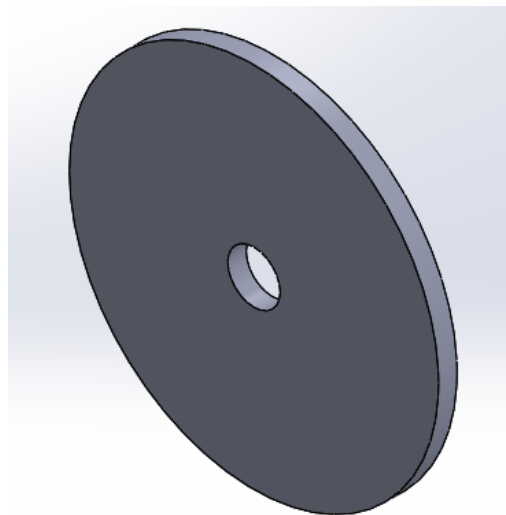


Fig. 38 Arandela grande de la polea tractora de la máquina de arrastre.

⁷⁴ Véase Anexo A.69: Hoja de ruta de la arandela grande de la polea tractora de la máquina de arrastre.

⁷⁵ Véase Anexo A.70: Hoja de fase del láser arandela grande de la polea tractora de la máquina de arrastre.

La evaluación económica de esta pieza se puede observar en la tabla 18:

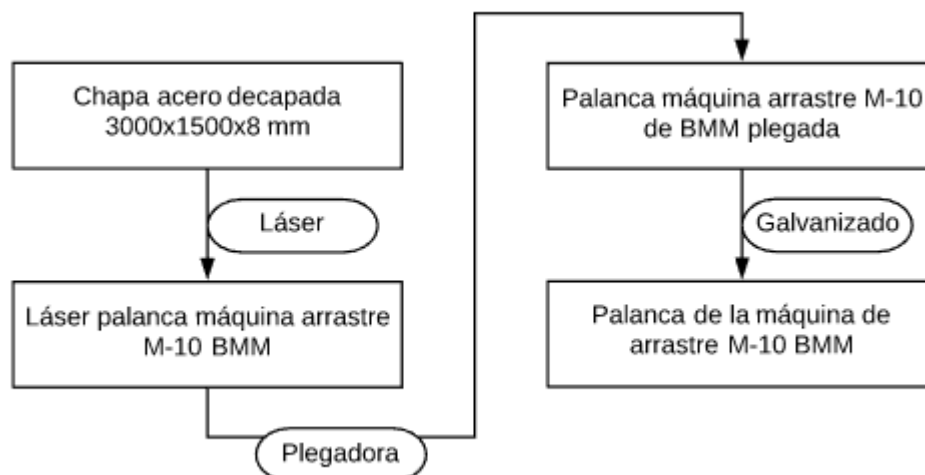
Tabla 18 Evaluación económica de la arandela de la polea tractora de la máquina de arrastre.

CÓDIGO	FASE	CANTIDAD	COSTE/UNIDAD	C. TOTAL
MMX21050	CHAPA ACERO INOXIDABLE 3000X1500X3 MM	0.073 Kg	2.84 €/Kg	0.21 €
76	Láser	5.4 s	0,027 €/s	0.15 €
LF006564	LÁSER ARANDELA GRANDE POLEA TRACTORA MÁQ. ARRASTRE			0.36 €

6.16. Palanca de la máquina de arrastre

La palanca es el elemento auxiliar de la máquina de arrastre que no es necesario para su funcionamiento pero que es de gran ayuda en las tareas de mantenimiento y reparación de la máquina, tal y como se ha visto en apartados anteriores.

Su proceso de fabricación se puede observar en el esquema 17 y en los anexos se puede consultar su hoja de ruta⁷⁶.



Esquema 17 Escandallo de la palanca de la máquina de arrastre M-10 de BMM.

El proceso se inicia con el cortado a láser de la geometría desplegada de la palanca. Es un corte rápido ya que la geometría es sencilla y de líneas paralelas. Como observación, hay que tener en cuenta que al tratarse de chapa decapada de 8 mm hay que cambiar las condiciones de corte del láser. En los anexos se puede consultar la hoja de fase referente a este paso⁷⁷

⁷⁶ Véase Anexo A.71: Hoja de ruta de la palanca de la máquina de arrastre M-10 de BMM.

⁷⁷ Véase Anexo A.72: Hoja de fase del láser palanca de la máquina de arrastre M-10 de BMM.



Seguidamente y para terminar la parte de fabricación propia se han de realizar los dos pliegues. En los anexos se puede consultar la hoja de fase de este proceso⁷⁸.

Con esto queda acabada toda la fabricación que se realiza en BMM. El siguiente paso es el galvanizado de la pieza para evitar la corrosión, pero este es un proceso que lo realiza una empresa externa por lo que no hay hoja de fase de este proceso.

Una vez galvanizada la pieza el resultado es el que se puede observar en la figura 39:

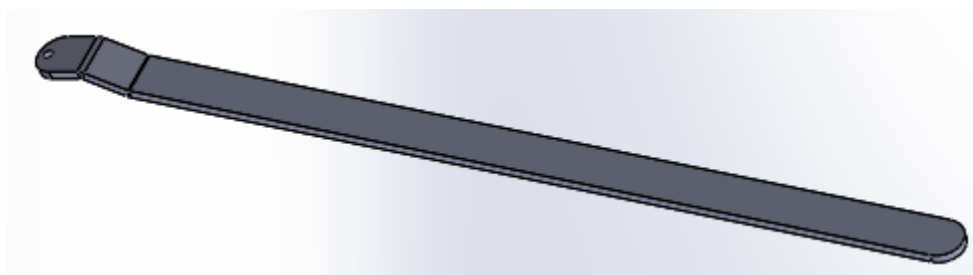


Fig. 39 Palanca de la máquina de arrastre M-10 de BMM.

Para terminar el análisis de la palanca solo queda analizar el coste económico de su fabricación. Los resultados de este análisis se puede observar en la tabla 19:

Tabla 19 Evaluación económica de la palanca de la máquina de arrastre M-10 de BMM.

CÓDIGO	FASE	CANTIDAD	COSTE/UNIDAD	C. TOTAL
MMF21118	CHAPA ACERO DECAPADA 3000X1500X8 MM	2.31 Kg	0.93 €/Kg	2.15 €
76	Láser	21 s	0,027 €/s	0.57 €
LF006539	LÁSER PALANCA MÁQUINA ARRASTRE M-10 BMM			2.72 €
LF006539	LÁSER PALANCA MÁQUINA ARRASTRE M-10 BMM	1 u	2.72 €/u	2.72 €
3	Plegadora Axial 1 m	36 s	0.013 €/s	0.47 €
TCPI0073	PALANCA MÁQUINA ARRASTRE M-10 BMM PLEGADA			3.19 €
TCPI0073	PALANCA MÁQUINA ARRASTRE M-10 BMM PLEGADA	1 u	3.19 €/u	3.19 €
XX000040	GALVANIZADO EXTERNO	1.46 Kg	0.54 €/Kg	0.79 €
36	Paletizado	30 s	0.0083 €/s	0.25 €
TCCA0150	PALANCA MÁQUINA ARRASTRE M-10 BMM			4.23 €

⁷⁸ Véase Anexo A.73: Hoja de fase de la palanca de la máquina de arrastre M-10 de BMM plegada.

7. Evaluación económica de la máquina de arrastre

El ensamblaje de la máquina de arrastre no tiene ningún secreto, ya que tan solo se trata de montar las piezas tal y como se puede observar en el plano del explosionado de los anexos⁷⁹. Como este montaje es bastante intuitivo no se va a entrar en detalle y se va a proceder directamente con la evaluación económica de la fabricación y montaje de la máquina de arrastre.

Aunque en este apartado se estudia el impacto económico de la máquina de arrastre, en el análisis del proceso de fabricación de las distintas piezas ya se ha hecho la evaluación económica de las mismas, ya que es más fácil realizarla siguiendo el proceso de fabricación. Por lo tanto, el resumen del coste de las piezas de fabricación se puede observar en la tabla 20:

Tabla 20 Evaluación económica de todas las piezas de fabricación.

Nº	NOMBRE	UNIDADES	COSTE U. [€]	TOTAL [€]
38	Cuerpo carcasa máquina arrastre M-10 BMM	1	30.23	30.23
16	Lateral entrada máquina de arrastre	1	9.19	9.19
48	Lateral salida máquina arrastre M-10 BMM	1	7.24	7.24
25	Tapa máquina arrastre M-10 BMM	1	17.37	17.37
26	Mirilla máquina arrastre M-10 BMM	1	2.66	2.66
12	Pata universal máquina de arrastre	2	2.07	4.14
30	Refuerzo máquina arrastre M-10 BMM	1	1.94	1.94
9	Soporte polea tensora	1	6.88	6.88
7	Taco guía polea tensora	1	2.09	2.09
18	Varilla guía máquina arrastre M-10 BMM	2	5.24	10.48
31	Casquillo largo máquina arrastre M-10 BMM	1	0.56	0.56
17	Casquillo corto máquina arrastre M-10 BMM	1	0.49	0.49
45	Eje máquina arrastre M-10 BMM	1	10.95	10.95
50	Rueda dentada polea tractora máquina arrastre	2	1.72	3.44
52	Refuerzo del eje de la polea tractora máquina arrastre	1	3.49	3.49
53	Arandela eje máquina arrastre M-10 BMM	1	0.36	0.36
-	Palanca máquina de arrastre	1	4.23	4.23
				115.74

Con esto ya se tiene el coste total de todas las piezas de fabricación. Seguidamente se realiza



⁷⁹ Véase ANEXO: Plano explosionado



el mismo análisis con las piezas de compra, donde su precio es el último coste de compra⁸⁰. En la tabla 21 se tienen los resultados:

Tabla 21 Evaluación económica de todas las piezas de compra.

Nº	NOMBRE	UNIDADES	COSTE U. [€]	TOTAL [€]
1	Tuerca autoblocante DIN-985 M-16	1	0.213	0.213
2	Arandela inoxidable M-16	1	0.0415	0.05
3	Tornillo inoxidable hexagonal DIN-933 M-5x40	16	0.305	4.88
4	Media polea tensora	2	11.05	22.1
5	Arandela inoxidable M-5	16	0.0075	0.12
6	Tuerca inoxidable DIN-934 M-5	16	0.0171	0.2736
8	Taco soporte polea tensora	4	1.8	7.2
10	Tornillo en U 12 mm	1	0.0634	0.0634
11	Tuerca autoblocante DIN-985 M-5	2	0.0019	0.0038
13	Tornillo inoxidable hexagonal DIN-933 M-8x20	2/pata	0.0418	0.0836
14	Tornillo inoxidable hexagonal DIN-933 M-6x14	7/lateral	0.0106	0.0742
15	Tuerca autoblocante DIN-985 M-6	7/lateral	0.0038	0.0266
19	Tornillo inoxidable hexagonal DIN-933 M-6x25	2	0.0121	0.0242
20	Tuerca inoxidable DIN-934 M-8	1	0.0199	0.0199
21	Arandela inoxidable M-8	1	0.017	0.017
22	Muelle tensor	1	2.12	2.12
23	Tornillo inoxidable hexagonal DIN-933 M-8x20	1	0.0418	0.0418
24	Tornillo inoxidable hexagonal DIN-933 M-5x14	22	0.025	0.55
27	Arandela inoxidable M-5	22	0.0075	0.165
28	Tuerca autoblocante DIN-985 M-5	22	0.0019	0.0418
29	Tuerca autoblocante DIN-985 M-6	4	0.0038	0.0152
32	Tuerca inoxidable DIN-934 M-5	2	0.0171	0.0342
33	Tuerca inoxidable DIN-934 M-4	2	0.0136	0.0272
34	Arandela inoxidable M-4	2	0.0109	0.0218
35	Pasamuros	2	0.22	0.44
36	Final de carrera	1	11.38	11.38
37	Tornillo inoxidable hexagonal DIN-933 M-4x20	2	0.02	0.04
39	Tornillo inoxidable hexagonal DIN-933 M-6x14	4	0.0313	0.1252
40	Motor-reductor 1.5 KW	1	161	161
41	Arandela inoxidable M-12	4	0.0195	0.078
42	Tuerca inoxidable DIN-934 M-12	4	0.0182	0.0728
43	Tornillo inoxidable hexagonal DIN-933 M-12x30	4	0.072	0.288
44	Chaveta	3	0.54	1.62
46	Tuerca inoxidable DIN-934 M-8	6	0.0199	0.1194

⁸⁰ Los últimos precios con los que se ha trabajado fueron obtenidos en enero de 2018 por lo que los precios de mercado pueden haber cambiado.

47	Arandela inoxidable M-8	6	0.017	0.102
49	Cuerpo polea tractora máquina arrastre	1	7.12	7.12
51	Tornillo inoxidable hexagonal DIN-933 M-8x45	6	0.066	0.396
54	Arandela inoxidable M-8	1	0.017	0.017
55	Tornillo inoxidable hexagonal DIN-933 M-8x20	1	0.0418	0.0418
				221.01

Finalmente para el acabar con el análisis económico de la máquina de arrastre solo queda evaluar el coste del ensamblado. En la tabla 22 se puede ver el resultado final:

Tabla 22 Evaluación económica completa de la máquina de arrastre M-10 de BMM.

FASE	CANTIDAD	COSTE/UNIDAD	C. TOTAL
PIEZAS DE FABRICACIÓN MÁQUINA DE ARRASTRE			115.74 €
PIEZAS DE COMPRA MÁQUINA DE ARRASTRE			221.01 €
<i>Ensamblaje máquina de arrastre</i>	7294 s	0.0083 €/s	60.55 €
MÁQUINA DE ARRASTRE M-10 DE BMM			397.3 €

Por lo tanto, el coste final de fabricación de una máquina de arrastre M-10 de BMM es de 397.3 euros. A partir de este valor, según lo que la empresa quiera ganar y el mercado esté dispuesto a aceptar, se le tiene que aplicar el porcentaje adecuado y la diferencia será 100% beneficio para la empresa.

7.1. Presupuesto del proyecto

En este proyecto también hay que tener en cuenta los costes para la empresa asociados a la realización del mismo.

En la tabla 23 se ha desglosado todos estos costes, teniendo en cuenta las horas invertidas en el proyecto, donde el autor tiene un salario de 12€/hora y los gastos indirectos debidos al material empleado.

Finalmente se ha aplicado al coste total el porcentaje correspondiente al IVA, obteniendo así el coste final de la realización de este estudio.

Tabla 23 Evaluación económica de la realización del proyecto.

GASTOS DIRECTOS			
CONCEPTO	HORAS	%	COSTE [€]
Toma de contacto con el producto y su medio	39	5.13	468
Análisis de proceso de fabricación y toma de datos	125.1	16.45	1501.2
Diseño y maquetación 3D	285.2	37.51	3422.4
Realización de la documentación	144.8	19.04	1737.6
Redacción de la memoria del proyecto	134	17.63	1608
Desplazamientos	32.2	4.23	386.4
TOTAL	760.3	100	7.386 €
GASTOS INDIRECTOS			
CONCEPTO	COSTE [€]	% APLICABLE	COSTE [€]
Material metrológico	500		
Ordenador personal	770		
Ordenador de diseño	1024		
Licencias de software	10430		
Vehículo	14260		
TOTAL	16554	5	827.7 €
IMPUESTOS Y TASAS			
BASE IMPONIBLE			8213.7
IVA (21%)			1724.88
TOTAL			9938.58 €

Conclusiones

De acuerdo con los objetivos fijados al principio del proyecto, se puede concluir que se ha logrado con éxito realizar un análisis exhaustivo de todo el proceso de fabricación de la máquina de arrastre M-10 de BMM.

Esto queda patente en la extensa bibliografía donde se adjunta toda la información detallada del proceso de fabricación pieza a pieza, con las respectivas hojas de ruta y fase de cada paso de transformación.

Del mismo modo, en la memoria del proyecto se ha desarrollado una detallada evaluación económica del coste de fabricación según el proceso descrito, pudiendo ahora saber la empresa el beneficio exacto que se consigue con la máquina de arrastre según el precio de venta.

A la vez se pretende que con esta información, la empresa pueda proponer futuras mejoras en el diseño o en el proceso de fabricación de la máquina de arrastre y comparar su rentabilidad disponiendo de los resultados aquí descritos.

Paralelamente a todo esto, se ha obtenido el diseño en 3D de la máquina de arrastre y todos sus componentes, con el objetivo de que la empresa pueda hacer uso de ellos con objetivos comerciales y como mejora del *know how* de BMM.

Agradecimientos

Quiero agradecer a Lluís Costa , tutor y director del proyecto, todo el esfuerzo hecho para que este proyecto haya podido salir adelante.

También quiero agradecer especialmente a la familia Bosch Llovera, por tener las puertas de su casa abiertas siempre para que yo haya podido realizar este trabajo.

A Toni Bosch, Amable Izquierdo , Mariano García y todo el personal de BMM , ya que sin ellos este proyecto no hubiera sido posible. Quiero agradecer la oportunidad que me dieron en BMM, para trabajar y aprender y de la cual surgió la idea de realizar con ellos y para ellos el trabajo de final de grado.

También quiero dar las gracias a toda mi familia, a mis padres por estar siempre ahí interesados por los avances del proyecto y a mis hermanos por distraerme cuando era necesario.

Finalmente quiero agradecer a mis compañeros de piso Lluís y Pol el apoyo durante todo el proyecto y las largas charlas a la hora de cenar y a todos mis compañeros de batallas de la universidad, por todas las risas juntos.

Bibliografía

Bibliografía complementaria

AENOR. (s.f.). *aenor*. Recuperado el 13 de Marzo de 2018, de <http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0031689#.Wqe2L-jOXIU>

Arias, H., & Lasheras, J. (1963). *Tecnología mecánica y metrotécnica* (Vol. II). Donostiarra.

Arias, H., & Lasheras, J. (1963). *Tecnología mecánica y metrotécnica* (Vol. I). Donostiarra.

ASTRIDA. (s.f.). *Slideplayer.com*. Recuperado el 22 de Marzo de 2018, de <http://slideplayer.es/slide/1075806/>

Castro, J. R., Castro Martínez, L., & Del Real Romero, J. (2005). *Procesos industriales para materiales metálicos*. Vision net.

Hernández, G. (2016). *Manual del soldador (26ª edición)*. CESOL.

Kibbe, Neely, Meyer, & Withe. (2002). *Manual de máquinas herramienta*. Limusa.

Maekawa, K., Obikawa, T., Yamane, Y., & Childs, T. (2000). *Metal machining*.

Micheletti, G. F. (1980). *Mecanizado por arranque de viruta*. Blume.

Pino, A., & Briceño, P. (2009 de Junio de 10). *Monografias.com*. Recuperado el 11 de Febrero de 2018, de <http://www.monografias.com/trabajos72/procesos-laser/procesos-laser2.shtml>

Torre, J. C., & Martínez Peña, A. (2003). *Matrices, moldes y utillajes*. Cie Dossat.